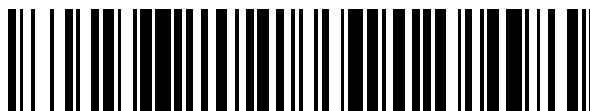


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 341**

51 Int. Cl.:

B29C 33/06 (2006.01)
B29C 35/08 (2006.01)
B29C 43/52 (2006.01)
H05B 6/02 (2006.01)
H05B 6/10 (2006.01)
B29C 33/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2009 PCT/FR2009/051960**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.04.2010 WO10046582**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2009 E 09756025 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2349667**

54 Título: **Dispositivo de transformación de materiales que utiliza calentamiento por inducción que permite precalentamiento del dispositivo**

30 Prioridad:

20.10.2008 FR 0857126

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

08.08.2017

73 Titular/es:

**ROCTOOL (100.0%)
Savoie Technolac BP 341 Modul R 34 allée du lac
d'Aiguebelette
73375 Le Bourget du Lac Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**GUICHARD, ALEXANDRE y
FEIGENBLUM, JOSÉ**

74 Agente/Representante:

LÓPEZ CAMBA, María Emilia

ES 2 629 341 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

Dispositivo de transformación de materiales que utiliza calentamiento por inducción que permite precalentamiento del dispositivo

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento que utilizan calentamiento por inducción, con el fin de realizar la transformación, concretamente por moldeo, de materiales, en particular de materiales compuestos con matriz termoplástica o termoendurecible.

10 Se conoce un dispositivo, tal como el descrito en la solicitud internacional n° WO2005/094127, que permite localizar el calentamiento por inducción en superficie, para delimitar el calentamiento en la interfase molde/materia.

15 Dicho dispositivo comprende inductores que rodean dos cuerpos de molde conductores de electricidad y que constan de una zona de calentamiento que estará en contacto con el material a transformar, estando los cuerpos de molde aislados eléctricamente uno con respecto a otro. De este modo, gracias a este corte eléctrico entre los dos cuerpos de molde, las caras enfrentadas de estos últimos delimitan un entrehierro en el que circula el campo magnético creado por los inductores. El campo magnético induce entonces corrientes eléctricas en superficie de los cuerpos de molde, y en particular en la superficie de la zona de calentamiento de cada cuerpo de molde, permitiendo de este modo localizar el calentamiento en superficie, en proximidad directa del material a calentar.

20 Dicho dispositivo permite un ascenso de temperatura de las zonas de calentamiento muy rápido y muy importante, dado que la energía generada por los inductores es «inyectada» directamente en la superficie de las zonas de calentamiento, en un grosor muy pequeño (típicamente varias décimas de milímetros). Para beneficiarse al máximo del efecto del entrehierro, la anchura de éste, es decir la distancia entre las caras enfrentadas del dispositivo cuando éste está en funcionamiento, debe ser lo más pequeña posible, del orden de uno a varios milímetros. En la práctica, esta anchura es determinada por el grosor de la pieza a calentar, que juega el papel de aislante entre las dos partes del dispositivo. Cuando esta pieza es conductora de electricidad, se prevén entonces cuñas aislantes de grosor adaptado para aislar las dos partes del dispositivo, o un revestimiento aislante sobre las superficies en contacto con la pieza.

30 Algunos materiales necesitan técnicas de moldeo particulares. Éste es el caso, por ejemplo, de los materiales termoplásticos con fibras largas, denominados L.F.T («*Long Fiber Thermoplastics*»). Para ser moldeado correctamente, dicho material debe depositarse caliente sobre un molde, a su vez, ya a temperatura. No obstante, los moldes conocidos no permiten, debido a su inercia térmica, ciclos de calentamiento/refrigeración suficientemente rápidos para poder depositar el material sobre un molde a la temperatura ideal y refrigerar a continuación este molde para obtener una pieza solidificada, todo en un tiempo interesante desde el punto de vista industrial. Para paliar este problema, las técnicas actuales emplean moldes mantenidos a una temperatura «intermedia» constante, que es un compromiso entre la fluencia satisfactoria del material y su solidificación correcta en el molde. Paralelamente, el material se deposita a una temperatura muy elevada, cercana a su límite de degradación. Por ejemplo, para un material L.F.T., depositado a 250°C, el molde utilizado estará a una temperatura intermedia, comprendida entre 80°C y 100°C, lo que permite una fluencia aceptable de la materia, y al mismo tiempo su refrigeración por debajo de su punto de solidificación.

45 Para realizar dicha operación, es conocido efectuar el precalentamiento del material fuera del molde, por ejemplo en un horno de infrarrojos o sobre una placa calefactora, y a continuación desplazar el material sobre un molde con dos partes, estando este último mantenido a la temperatura necesaria durante el precalentamiento del material. El material se deposita en el molde en forma de una pasta blanda y maleable que, bajo la presión ejercida por las dos partes de molde, comienza a fluir para ocupar todo el espacio de moldeo, asumiendo de este modo la forma de la pieza final. Para realizar esta operación, es necesario que las dos partes del molde, cuando están en contacto, definan una cámara de compresión, es decir que esté garantizada una estanqueidad para poder ejercer la presión necesaria para la fluencia del material sin que éste escape. La temperatura del molde permite la refrigeración progresiva del material por encima de su punto de solidificación, para que la pieza pueda ser expulsada. Sin embargo, la temperatura del molde es a menudo demasiado elevada para una refrigeración óptima, y la pieza es a menudo todavía blanda cuando es retirada, lo que plantea problemas de calidad final (deformaciones, tensiones residuales, etc.)

En resumen, los procedimientos implementados actualmente representan un compromiso que no permite obtener ni la fluencia satisfactoria del material, ni la refrigeración suficiente de la pieza terminada.

60 Existe, por lo tanto, un interés en desarrollar un molde que permita tiempos de ciclo (calentamiento/refrigeración) acortados, permitiendo depositar el material sobre un molde a una temperatura muy superior a la temperatura «intermedia» (favoreciendo de este modo la fluencia de la pieza para un llenado satisfactorio del molde), a continuación refrigerar rápidamente este molde a una temperatura inferior a la temperatura intermedia (favoreciendo de este modo una refrigeración correcta de la pieza terminada).

65 Un dispositivo con calentamiento por inducción, tal como se ha mencionado anteriormente, permite ciclos de

ascenso de temperatura/refrigeración muy cortos, pero su utilización para el moldeo de un material tal como el L.F.T., parece inapropiada. En efecto, la necesidad de prever una cámara de compresión con una estanqueidad satisfactoria es difícilmente compatible con la tecnología de este tipo de dispositivo, que impone aislar eléctricamente las dos partes del molde para que éste sea calentado.

5 La invención tiene por objeto modificar dicho dispositivo para hacerle apto para el moldeo de materiales del tipo escrito anteriormente. En particular, la invención parte de la constatación de que no es posible hacer precalentar dicho molde si está abierto, o entonces con prestaciones demasiado bajas, ya que la anchura del entrehierro puede alcanzar entonces más de una decena de centímetros, volviéndose entonces su efecto despreciable.

10 El documento AT 504 784 describe un dispositivo de calentamiento de la cavidad de un molde por medio de una radiación infrarroja

15 De este modo, la invención se refiere a un dispositivo de moldeo para la transformación de un material, que comprende:

- un cuerpo de molde inferior, o matriz, realizado en un material conductor de electricidad y que consta de una zona de moldeo que estará en contacto con el material a transformar;
- 20 - un cuerpo de molde superior, o punzón, realizado en un material conductor de electricidad; y que consta de una zona de moldeo que estará en contacto con el material a transformar;
- una pieza intermedia amovible, o núcleo, realizada en un material conductor de electricidad, e intercalada entre la matriz y el punzón;
- 25 - medios inductores capaces de generar un campo magnético que envuelve la matriz, el punzón y la pieza intermedia; estando estos tres elementos aislados eléctricamente dos a dos, para que las caras enfrentadas de la pieza intermedia y de la matriz por un lado, y de la pieza intermedia y del punzón por otro lado, delimiten dos entrehierros en los que circula el campo magnético que induce corrientes en la superficie de las zonas de moldeo, de la matriz y del punzón, permitiendo de este modo localizar la acción de los inductores en la superficie de las zonas de moldeo.

30 En una realización, cuñas transparentes al campo magnético garantizan el aislamiento eléctrico entre la matriz y la pieza intermedia por un lado, y entre la pieza intermedia y el punzón por otro lado.

35 En una realización, las zonas de moldeo de los dos cuerpos de molde son capaces de formar una cámara cerrada, por ejemplo una cámara, llamada de compresión.

En una realización, una parte que incluye la zona de moldeo de, como mínimo, uno de los dos cuerpos de molde comprende un compuesto magnético, preferentemente de permeabilidad magnética relativa y de resistividad eléctrica elevadas, por ejemplo un acero a base de níquel, de cromo y/o de titanio.

40 En una realización, una parte de, como mínimo, uno de los dos cuerpos de molde comprende un material diferente de la parte que comprende la zona de moldeo, concretamente un material amagnético o poco magnético, por ejemplo un acero inoxidable.
de una capa de blindaje de un material amagnético que impide la penetración del campo magnético en el cuerpo de molde.

45 En una realización, la pieza intermedia comprende un material amagnético, preferentemente de baja resistividad eléctrica, tal como aluminio.

50 En una realización, la pieza intermedia comprende un revestimiento de contacto, tal como silicona.

En una realización, la pieza intermedia comprende un material caracterizado por una emisividad superior a 0,7, tal como grafito.

55 En una realización, como mínimo uno de los dos cuerpos de molde comprende una red de canales de refrigeración.

En una realización, la pieza intermedia comprende también una red de canales de refrigeración.

60 En una realización, la frecuencia del campo magnético generado por los medios inductores es, como mínimo, igual a 10 kHz y preferentemente como máximo igual a 100 kHz.

En una realización, los medios inductores comprenden dos partes separables, unidas respectivamente a la matriz y al cuerpo superior.

65 La invención también se refiere a un procedimiento de precalentamiento de un dispositivo de moldeo tal como se ha definido anteriormente; comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- intercalar la pieza intermedia entre la matriz y el punzón;
- aislar eléctricamente dos a dos la pieza intermedia y los dos cuerpos de molde, para que las caras enfrentadas de la pieza intermedia y de la matriz por un lado, y, de la pieza intermedia y del punzón por otro lado, delimiten dos entrehierros;
- 5 - alimentar los medios inductores para generar un campo magnético que envuelve la matriz, el punzón y la pieza intermedia;
- de modo que el campo magnético circule en los dos entrehierros, e induzca corrientes en la superficie de las zonas de moldeo, de la matriz y del punzón, permitiendo de este modo localizar el precalentamiento en la superficie de las zonas de moldeo.

10 La invención también se refiere a un procedimiento de moldeo de un material que comprende las etapas de:

- implementar el precalentamiento de un dispositivo de moldeo tal como se ha definido anteriormente;
- retirar la pieza intermedia del dispositivo de moldeo;
- 15 - depositar, sobre uno de los cuerpos de molde, un material a moldear;
- moldear el material mediante aplicación de presión entre los dos cuerpos de molde;
- refrigerar el molde;
- sacar la pieza solidificada.

20 Finalmente, la invención se refiere a un procedimiento de moldeo de un material que comprende las etapas de:

- implementar el precalentamiento de un dispositivo de moldeo tal como se ha definido anteriormente, estando un material a moldear previamente dispuesto entre la matriz y la pieza intermedia;
- retirar la pieza intermedia del dispositivo de moldeo;
- 25 - moldear el material mediante aplicación de presión entre los dos cuerpos de molde;
- refrigerar el molde;
- sacar la pieza solidificada.

30 Otras características y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la descripción realizada a continuación, efectuándose esta última a modo de ejemplo no limitante haciendo referencia a las figuras a continuación, en las que:

- las figuras 1 a 3 representan un dispositivo según la invención, en tres estados que corresponden a tres etapas de su desarrollo;
- 35 - las figuras 4a y 4b representan un detalle del cuerpo de molde inferior y la pieza intermedia;
- la figura 5 representa una vista en corte de un dispositivo según la invención;
- la figura 6 es una vista en detalle de una realización de los contactores eléctricos de los que está dotado el dispositivo de la figura 5.

40 El dispositivo 1, representado en las figuras 1 a 3, comprende dos cuerpos de molde, un cuerpo de molde inferior, o matriz 10, y un cuerpo de molde superior, o punzón 12. Ambos dos están realizados en un material conductor de electricidad, y comprenden, cada uno, una parte que constituye una zona de calentamiento, o zona de moldeo, respectivamente 14 para la matriz 10 y 16 para el punzón 12. Los dos cuerpos de molde 10, 12 son capaces de entrar en contacto entre sí para realizar el moldeo de una pieza, formando las zonas de moldeo 14, 16, dispuestas una frente a otra, entonces una cámara cerrada, por ejemplo una cámara de compresión.

45 Una red de inductores 30, conectados eléctricamente en paralelo o en serie y conectados a un generador de corriente, está dispuesta alrededor del conjunto formado por la matriz 10 y el punzón 12. Cada inductor 30 consta de una espira conductora y comprende dos partes 32, 34 separables. La parte inferior 32 está unida a la matriz 10, mientras que la parte superior 34 está unida al punzón 12.

50 De acuerdo con la invención, para permitir el precalentamiento del dispositivo 1, una pieza intermedia, o núcleo 18, está dispuesta entre la matriz 10 y el punzón 12. El núcleo 18 está realizado en un material conductor de electricidad y su forma está adaptada a la forma de las zonas de moldeo de la matriz y del punzón. En el ejemplo de la figura 1, la forma del núcleo 18 es exactamente complementaria de la forma de las zonas de moldeo, pero, como se verá posteriormente, otras configuraciones son posibles. El núcleo 18 está aislado eléctricamente de la matriz 10 y del punzón 12 gracias a cuñas 24 transparentes al campo electromagnético, realizadas por ejemplo en cerámica. El aislamiento puede realizarse mediante cualquier otro medio, por ejemplo un revestimiento de silicona de grosor adaptado (varios milímetros), dispuesto bien sobre la matriz y el punzón, o bien sobre cada una de las caras del núcleo.

55 Cuando una corriente alterna I_i alimenta los medios inductores 30, el campo electromagnético generado envuelve los dos cuerpos de molde así como el núcleo 18. El aislamiento eléctrico entre la matriz y el núcleo por un lado, y entre el núcleo y el punzón por otro lado, permite que el campo electromagnético circule en los dos espacios que separan el núcleo y cada uno de los dos cuerpos de molde. Se delimitan de este modo dos entrehierros 20 y 22, uno entre las caras enfrentadas del núcleo 18 y de la matriz 10, el otro entre las caras enfrentadas del núcleo 18 y del punzón

12. Para obtener este efecto, también es necesario que la matriz y el punzón estén aisladas eléctricamente una del otro cuando el núcleo está colocado, como se muestra en la figura 1.

El campo magnético generado por los medios inductores 30 circula en los entrehierros 20 y 22, es decir entre la matriz 10 y el núcleo 18, y entre el núcleo 18 y el punzón 12. De este modo, induce corrientes I_{c1} , I_{c2} e I_{c3} de sentido opuesto al sentido de las corrientes I_i . Mediante el efecto de los dos entrehierros 20, 22, estas corrientes I_{c1} , I_{c2} e I_{c3} circulan en bucle cerrado, de manera independiente, respectivamente en la matriz 10, el punzón 12 y el núcleo 18. Más exactamente, las corrientes inducidas I_{c1} , I_{c2} , I_{c3} circulan en la superficie de estos tres elementos, en un grosor muy reducido (varias décimas de milímetros). Estas corrientes tienen, por lo tanto, una acción térmica (mediante efecto resistivo) exclusivamente en la superficie de estos tres cuerpos, y concretamente en la superficie de las zonas de moldeo 14, 16. La configuración de la figura 1 permite, por lo tanto, calentar eficazmente las zonas de moldeo de la matriz y del punzón.

Una vez que las zonas de moldeo 14, 16 han alcanzado la temperatura deseada, el dispositivo 1 es abierto, el núcleo 18 se retira de él, y se puede depositar entonces sobre la matriz 10 un material 40 a moldear. En el ejemplo de la figura 2, el material es precalentado antes del depósito, pero se entiende que se pueden depositar otros materiales sin precalentamiento. A continuación, el punzón es, de manera convencional, desplazado hacia la matriz hasta que estos dos elementos estén en contacto y la cámara de moldeo (o de compresión) esté cerrada. Debe observarse que, en esta etapa, representada en la figura 3, la matriz y el punzón ya no están necesariamente aislados eléctricamente, dado que ya no se emplean los medios inductores. El molde, que está a la temperatura deseada, ya no necesita, en efecto, ser calentado para realizar el moldeo del material 40.

Gracias al núcleo intercalado entre la matriz y el punzón, se aprovechan todas las ventajas de la presencia de un entrehierro tales como las descritas por ejemplo en la solicitud internacional mencionada anteriormente, y en particular:

- localización de las corrientes (y, por lo tanto, del calentamiento) en superficie, lo que lleva a una muy grande rapidez de calentamiento, ya que los cuerpos de molde no son calentados en la masa,
- ahorro de energía,
- adaptabilidad muy fina del calentamiento utilizando materiales diferentes para algunas partes de las zonas de moldeo,
- posibilidad de disponer de medios de refrigeración lo más cerca posible de las zonas de moldeo, con la rapidez de refrigeración que se deriva de ello.

Dicho resultado no se puede obtener sin la presencia de un núcleo de acuerdo con la invención, ya que, en este caso, no se puede generar un efecto de entrehierro. En efecto, no se puede acercar suficientemente la matriz y el punzón, en particular en el marco de una cámara de compresión que consta de superficies de cierre perpendiculares al plano de junta del molde. Es tanto más difícil que las formas de las zonas de moldeo sean complejas.

Con la invención, se vuelve posible realizar ciclos de calentamiento/refrigeración del molde en el marco del moldeo de un material tal como el L.F.T. Si se retoma el ejemplo anterior de un material depositado a una temperatura de 250°C, el molde podrá ser llevado a una temperatura muy próxima, por ejemplo alrededor de 200°C, a continuación, una vez que se aplica presión al material en el molde cerrado, el molde se refrigerará rápidamente a una temperatura cercana a la temperatura ambiente (es decir mucho menor que el valor de 80°C realizable actualmente). Se obtiene por lo tanto, en un tiempo de ciclo más corto o equivalente, una fluencia del material y un llenado del molde eficaces, combinados con una refrigeración y una solidificación perfectas de la pieza terminada. Además, se vuelve posible depositar el material a una temperatura de precalentamiento inferior, por lo tanto con un mayor margen de seguridad con respecto a su temperatura de degradación. Esto conlleva también un ahorro de energía suplementario y permite una refrigeración aún más rápida.

El conjunto de estas mejoras permite aumentar en gran medida la calidad final obtenida, en el conjunto de los criterios (grosor mínimo realizable, calidad del estado de superficie, finura y calidad de los detalles tales como nervaduras, protuberancias, etc.)

El dispositivo según la invención es tanto más eficaz que la presencia de los dos entrehierros 20 y 22 tiene como efecto concentrar el flujo magnético en su seno, lo que aumenta aún más la acción del campo magnético a nivel de las zonas de moldeo, y por lo tanto la energía inductiva aportada en la superficie de las zonas de moldeo.

Los entrehierros 20, 22 permiten además limitar la influencia de la geometría y/o de la distribución de los inductores sobre el calentamiento resultante, ya que los entrehierros tienen el efecto de distribuir más uniformemente la energía suministrada por los inductores. De este modo, espiras inductoras separadas irregularmente por una longitud dada a lo largo del molde tienen prácticamente el mismo efecto que el mismo número de espiras inductoras distribuidas regularmente en una misma longitud. Se recuerda que, en oposición, una configuración convencional con un inductor con espiras y una carga electro-conductora sin entrehierro produce una distribución energética desigual, presentando la energía recibida por esta carga un máximo local perpendicular a cada espira inductiva. Esta posibilidad de tener una distribución desigual de las espiras de inductores se muestra particularmente ventajosa ya

que, en el dispositivo objeto de la invención, las espiras inductoras rodean al molde, y éste puede estar equipado con cierto número de elementos sobresalientes, tales como cuñas elevadas, eyectores, etc. Se puede dejar, de este modo, un intervalo más grande entre dos espiras cuando es necesario, sin afectar a la calidad del calentamiento.

5 El núcleo 18 impone relativamente pocas restricciones en cuanto a su concepción e implica un sobrecoste despreciable con respecto al resto del dispositivo. En efecto, el núcleo 18 puede estar concebido en una pieza monobloque, obtenida por ejemplo mediante moldeo o forja, y no necesita ningún estado de superficie particular (al no estar destinado a estar en contacto con el material a moldear), y por lo tanto maquinados costosos. Además, las
10 fuerzas mecánicas aplicadas al núcleo 18 durante la fase de calentamiento son pequeñas, lo que impone pocas restricciones en cuanto a su resistencia mecánica, y deja de este modo una gran libertad en la elección del material que lo constituye. En la mayor parte de los casos, el núcleo 18 será además de un grosor pequeño en comparación con el de los dos cuerpos de molde, lo que también en este punto reduce más el coste de fabricación del núcleo 18, y de forma más general del dispositivo según la invención. El coste de un núcleo es, además, despreciable en comparación con el coste de realización de una cámara de compresión que permite aislar eléctricamente la matriz y
15 el punzón al tiempo que realiza la estanqueidad deseada.

Como el núcleo tiene como función primaria delimitar dos entrehierros en el seno del dispositivo 1, su forma experimenta menos restricciones que las de las zonas de moldeo. De este modo, se le puede dar una forma que no sea estrictamente complementaria de las de las zonas de moldeo de la matriz y del punzón (como se ha mostrado
20 en la figura 1), sino que, por el contrario, se aleja de éstas de un lugar a otro para definir formas de entrehierro particulares. También es posible concebir independientemente los dos entrehierros, concretamente para obtener efectos de calentamiento diferentes entre el punzón y la matriz (por ejemplo calentar más la matriz que el punzón, etc.)

Se describe a continuación un ejemplo de diseño adaptado de la forma de los entrehierros. Como la forma de las superficies 181, 182 del núcleo 18 situadas enfrente de las zonas de moldeo 14, 16 puede ser relativamente independiente de la forma de las zonas de moldeo, se puede utilizar esta posibilidad para modular muy finamente el calentamiento obtenido, modificando los fenómenos inductivos y resistivos. Se puede, concretamente, modificar la anchura del entrehierro para evitar fenómenos locales de subcalentamiento y/o de sobrecalentamiento. A modo de
30 ejemplo, las figuras 4a y 4b representan un detalle del dispositivo 1 que muestra la matriz 10 y el núcleo 18, y la circulación del campo magnético en el entrehierro 20 generado por los inductores. La figura 4a muestra un entrehierro 20 de anchura constante y se ve que cuando éste no es rectilíneo, las líneas de flujo están más concentradas en el interior de la curva descrita por el entrehierro que en el exterior, debido a que el flujo magnético toma la trayectoria de menor reluctancia. Se producen, por lo tanto, sobrecalentamientos y sub-calentamientos en estos lugares curvos, respectivamente en el interior y en el exterior de la curva. La figura 4b muestra el mismo entrehierro 20, pero de anchura no constante, en particular de anchura modificada localmente en los lugares en los que el entrehierro describe una curva. Según los casos, un aumento o una disminución de este grosor permite corregir la distribución no homogénea del flujo magnético constatado en la figura 4a. De este modo, se ve en la
35 figura 4b que la distribución del flujo es homogénea.

El material utilizado para constituir el núcleo 18 es ventajosamente amagnético con, preferentemente, una baja resistividad eléctrica, como por ejemplo cobre o aluminio. Esto permite evitar al máximo las pérdidas energéticas ya que es inútil, en la mayor parte de las aplicaciones, que el núcleo 18 sea calentado. Un núcleo de material amagnético será, por supuesto, recorrido por corrientes inducidas por el campo magnético y, por lo tanto,
45 ligeramente calentado, pero la casi totalidad de la energía generada por los inductores será inyectada en la matriz y en el punzón. Por ejemplo, si el núcleo 18 es de aluminio, la energía que recibe representa aproximadamente el 5% de la energía inyectada en la matriz 10 y el punzón 12. Según los casos, el núcleo podrá estar constituido por materiales diferentes en sus dos caras o para una misma cara (por ejemplo gracias a insertos), permitiendo de este modo controlar fina y localmente los fenómenos resistivos e inductivos (y, por lo tanto, las temperaturas obtenidas).

Para minimizar las pérdidas de energía en la matriz 10 y el punzón 12, estos dos elementos pueden estar realizados en dos partes: una parte (respectivamente 101 para la matriz y 121 para el punzón), que incluyen la zona de moldeo 14, 16 asociada, comprende un material magnético, que presenta opcionalmente un punto de Curie. Una segunda parte (respectivamente 102 para la matriz y 122 para el punzón) comprende un compuesto amagnético o poco magnético. El material magnético que constituye las partes 101, 121 que comprenden las zonas de moldeo 14, 16 presenta preferentemente una resistividad eléctrica mayor que la del cobre, como por ejemplo aleaciones de acero a base de níquel, de cromo y/o de titanio. Una resistividad eléctrica importante de la zona de moldeo constituye una ventaja, ya que permite un calentamiento por inducción más eficaz. No obstante, debe observarse que la permeabilidad magnética del material influye también en el rendimiento del calentamiento por inducción. Las partes
55 102, 122 que no comprenden las zonas de moldeo comprenden un material que consigue un buen compromiso entre características mecánicas y propiedades magnéticas y eléctricas. En efecto, para limitar las pérdidas energéticas en estas dos partes situadas en la parte posterior de las zonas de moldeo y concentrar de este modo toda la acción del calentamiento a nivel de las superficies de las zonas de moldeo, el material que constituye las partes 102, 122 debe ser tan poco magnético y resistivo como sea posible, al tiempo que presenta la resistencia mecánica necesaria para las fuerzas importantes y repetidas de las fases de moldeo. Para este fin, el acero inoxidable y el cobre representan elecciones interesantes.

En una variante, la matriz 10 y el punzón 12 podrán realizarse de acuerdo con el método descrito en la solicitud internacional n° WO 2007/031660. De este modo, la matriz 10 y el punzón 12, incluyendo sus zonas de moldeo respectivas, estarán constituidas íntegramente de un material magnético, mientras que las caras de la matriz y del punzón situados frente a medios inductores estarán recubiertas por una capa de blindaje de un material amagnético tal como cobre, a excepción de las superficies de las zonas de moldeo 14, 16. En esta configuración, el blindaje es tal que su grosor es superior a la profundidad de penetración del campo electromagnético. De este modo, las corrientes inducidas circulan en la capa de blindaje, provocando poco calentamiento y pocas pérdidas energéticas, excepto en el lugar de la superficie de la zona de moldeo, en el que el material es muy reactivo al calentamiento por inducción.

El dispositivo representado en las figuras 1 y 2 está dotado de un sistema de refrigeración para permitir la realización o la transformación de piezas mediante calentamiento con cadencia elevada. A tal efecto, se prevé en la matriz 10 y en el punzón una red de canales (respectivamente 26 y 28) que permite hacer circular un líquido de refrigeración en las proximidades de las superficies de las zonas de moldeo. La refrigeración obtenida de este modo es muy buena, por un lado porque el cuerpo de molde metálico es térmicamente muy conductor, y por otro lado porque los canales pueden estar dispuestos lo más cerca posible de las superficies de las zonas de moldeo 14, 16. De este modo, se realiza una refrigeración muy eficaz, ya que es rápida y homogénea en el conjunto de la pieza.

En ciertos casos, el núcleo también estará dotado de un sistema de refrigeración, también en forma de canales 27, visibles en la figura 5. En efecto, incluso aunque éste esté poco caliente, puede alcanzar una temperatura importante al cabo de cierto número de ciclos (la refrigeración solamente podrá implementarse, por otro lado, al cabo de un número determinado de ciclos.)

Como se ha descrito anteriormente, los inductores 30 son de dos partes 32, 34 separables y unidas respectivamente de la matriz 10 y al punzón 12, lo que permite una extracción rápida de la pieza después del moldeo, y contribuye, por lo tanto, a una fabricación con cadencia elevada. Durante la fase de calentamiento, la continuidad eléctrica entre las dos partes 32, 34 de la red de inductores está garantizada por contactores eléctricos 36. Estos contactores eléctricos permiten un gran desplazamiento al tiempo que garantizan la continuidad eléctrica entre las dos partes separables. En efecto, para alimentar los inductores cuando el núcleo 18 está intercalado entre la matriz 10 y el punzón 12, es necesario disponer de un desplazamiento que puede superar la decena de centímetros. De este modo, en el ejemplo de la figura 6, cada contactor 36 está dotado de un elemento macho 360 unido a la parte inferior 32, deslizándose este elemento macho en un elemento hembra 362 unido a la parte superior 34. El contacto eléctrico entre el elemento macho 360 y el elemento hembra 362 está garantizado por ejemplo por láminas metálicas elásticas 364, dispuestas en el interior del elemento hembra 362 y que encierran al elemento macho 360. En el ejemplo, el elemento hembra está prolongado por una cavidad en la parte superior 34 para garantizar el desplazamiento necesario.

El dispositivo según la invención permite también precalentar materiales *in situ*, es decir directamente en el molde. El precalentamiento del material *in situ* es útil, por ejemplo, para ciertos materiales compuestos que se presentan en forma de una placa rígida en frío, y que es necesario precalentar para poder deformarla correctamente. De este modo, se realiza el precalentamiento simultáneo del material y del dispositivo de moldeo. Con este fin, el material está dispuesto sobre la matriz 10 y el núcleo 18 está dispuesto contra el material. Para mejorar la eficacia de esta fase de precalentamiento, resulta ventajoso recubrir la cara del núcleo en contacto con el material con un revestimiento de contacto, como por ejemplo silicona. El núcleo 18 puede ejercer de este modo una presión sobre el material, para mejorar el contacto entre la matriz caliente y el material, y por lo tanto la conducción térmica (sin embargo, en ausencia de contacto, la convección entre la matriz y la pieza es suficientemente eficaz para calentar el material). En caso de pieza conductora de electricidad (por ejemplo piezas que contienen fibras de carbono), este revestimiento permite aislar eléctricamente el núcleo.

En una variante de la invención, aplicable tanto al precalentamiento del dispositivo 1 solo como al precalentamiento *in situ*, el núcleo 18 está realizado en un material que permite un calentamiento por radiación. Dicho material debe presentar, a tal efecto, una radiación térmica importante cuando es calentado, por ejemplo un material que presenta una emisividad superior a 0,7, tal como grafito. Dicho material es conductor de la electricidad, lo que permite, por lo tanto, seguir garantizando la función primaria del núcleo de acuerdo con la invención (*es decir*, delimitar dos entrehierros), pero cuando ascenderá su temperatura tras la circulación de las corrientes inducidas, éste calentará por radiación la matriz y el punzón. Si se realiza un precalentamiento *in situ* gracias a un núcleo radiante, el núcleo no estará en contacto directo con el material a precalentar sino dispuesto en proximidad inmediata.

En otra variante, se prevé emplear un núcleo 18 metálico, aprovechando el calentamiento por convección térmica. El núcleo estará dispuesto, entonces, en proximidad inmediata (pero no en contacto) con la matriz y el punzón en el caso de un precalentamiento del dispositivo 1 solo, o del material y del punzón en el caso de un precalentamiento del material *in situ*. Ventajosamente, el núcleo 18 estará realizado en un material magnético y/o de fuerte resistividad eléctrica, para que éste se caliente fuertemente bajo la acción de los medios inductores.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de moldeo para la transformación de un material (40), que comprende:
 - 5 - un cuerpo de molde inferior (10), o matriz, realizado en un material conductor de electricidad y que consta de una zona de moldeo (14) que estará en contacto con el material a transformar;
 - un cuerpo de molde superior (12), o punzón, realizado en un material conductor de electricidad; y que consta de una zona de moldeo (16) que estará en contacto con el material a transformar;
 - una pieza intermedia (18) amovible, o núcleo, realizada en un material conductor de electricidad, e intercalada
10 entre la matriz (10) y el punzón (12);
 - **caracterizado porque** medios inductores (30) capaces de generar un campo magnético envuelven la matriz (10), el punzón (12) y la pieza intermedia (18); estando estos tres elementos aislados eléctricamente dos a dos, de modo que las caras enfrentadas de la pieza intermedia (18) y de la matriz (10) por un lado, y de la pieza intermedia (18) y del punzón (12) por otro lado, delimiten dos entrehierros (20, 22) en los que circula el campo magnético que induce
15 corrientes en la superficie de las zonas de moldeo (14, 16) de la matriz (10) y del punzón (12), permitiendo de este modo localizar la acción de los inductores en la superficie de las zonas de moldeo (14, 16).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que cuñas (24) transparentes al campo magnético garantizan el aislamiento eléctrico entre la matriz (10) y la pieza intermedia (18) por un lado, y entre la pieza
20 intermedia (18) y el punzón (12) por otro lado.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, en el que las zonas de moldeo (14, 16) de los dos cuerpos de molde (10, 12) son capaces de formar una cámara cerrada, por ejemplo una cámara llamada de compresión.
- 25 4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que una parte (101, 121) que incluye la zona de moldeo (14, 16) de, como mínimo, uno de los dos cuerpos de molde (10, 12) comprende un compuesto magnético, preferentemente de permeabilidad magnética relativa y de resistividad eléctrica elevadas, por ejemplo un acero a base de níquel, de cromo y/o de titanio.
- 30 5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que una parte (102, 122) de, como mínimo, uno de los dos cuerpos de molde (10, 12) comprende un material diferente de la parte (101, 121) que comprende la zona de moldeo (14, 16), concretamente un material amagnético o poco magnético, por ejemplo un acero inoxidable.
- 35 6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que como mínimo uno de los dos cuerpos de molde (10, 12) comprende un material magnético, estando sus caras situadas frente a medios inductores (30), a excepción de la superficie de su zona de moldeo (14, 16), recubiertas de una capa de blindaje de un material amagnético que impide la penetración del campo magnético en el cuerpo de molde.
- 40 7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza intermedia (18) comprende un material amagnético, preferentemente de baja resistividad eléctrica, tal como aluminio.
8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza intermedia comprende un revestimiento de contacto, tal como silicona.
- 45 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la pieza intermedia (18) comprende un material **caracterizado por** una emisividad superior a 0,7, tal como grafito.
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que como mínimo uno de los dos
50 cuerpos de molde (10, 12) comprende una red de canales de refrigeración (26, 28).
11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza intermedia comprende una red de canales de refrigeración (27).
12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la frecuencia F del campo
55 magnético generado por los medios inductores es, como mínimo, igual a 10 kHz y preferentemente, como máximo, igual a 100 kHz.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios inductores (30) comprenden dos partes separables (32, 34), unidas respectivamente a la matriz (12) y al cuerpo superior (20).
60
14. Procedimiento de precalentamiento de un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13; comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - intercalar la pieza intermedia (18) entre la matriz (10) y el punzón (12);
 - 65 - aislar eléctricamente dos a dos la pieza intermedia (18) y los dos cuerpos de molde (10, 12), para que las caras enfrentadas de la pieza intermedia (18) y de la matriz (10) por un lado, y de la pieza intermedia (18) y del punzón

ES 2 629 341 T3

(12) por otro lado, delimiten dos entrehierros (20, 22);

- alimentar los medios inductores (30) para generar un campo magnético que envuelve la matriz (12), el punzón (12) y la pieza intermedia (18);

5 de modo que el campo magnético circule en los dos entrehierros (20, 22) e induzca corrientes en la superficie de las zonas de moldeo (14, 16) de la matriz (10) y del punzón (12), permitiendo de este modo localizar el precalentamiento en la superficie de las zonas de moldeo (14, 16).

15. Procedimiento de moldeo que comprende las etapas de:

10 - implementar el precalentamiento de un dispositivo de moldeo de acuerdo con el procedimiento según la reivindicación 14;

- retirar la pieza intermedia (18) del dispositivo de moldeo;

- depositar, sobre uno de los cuerpos de molde, un material (40) a moldear;

15 - moldear el material (40) mediante aplicación de presión entre los dos cuerpos de molde;

- refrigerar el molde;

- sacar la pieza solidificada.

16. Procedimiento de moldeo que comprende las etapas de:

20 - implementar el precalentamiento de un dispositivo de moldeo de acuerdo con el procedimiento según la reivindicación 14, estando un material (40) a moldear dispuesto previamente entre la matriz (10) y la pieza intermedia (18);

- retirar la pieza intermedia (18) del dispositivo de moldeo;

25 - moldear el material (40) mediante aplicación de presión entre los dos cuerpos de molde;

- refrigerar el molde;

- sacar la pieza solidificada.

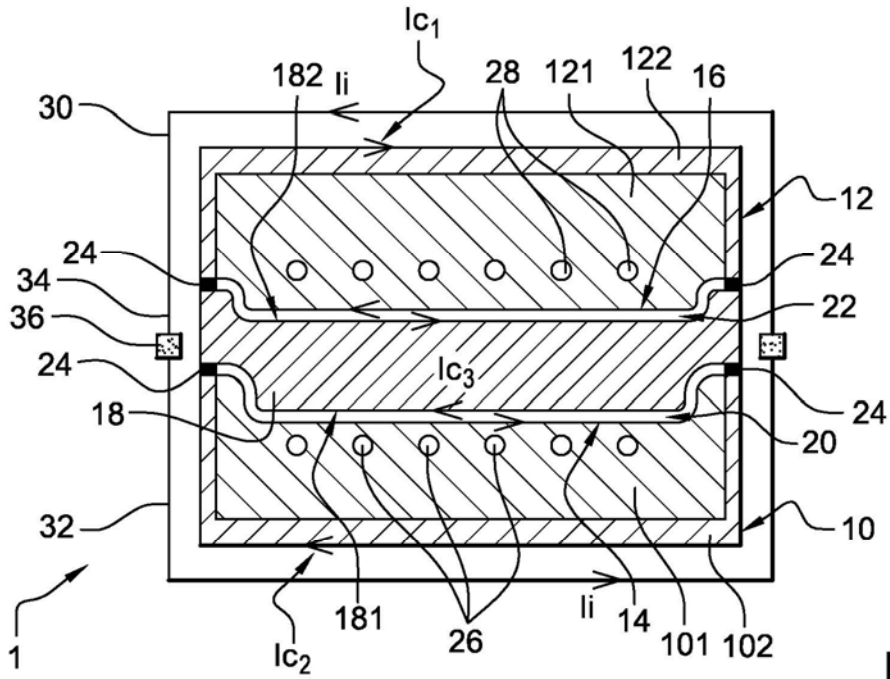


Fig. 1

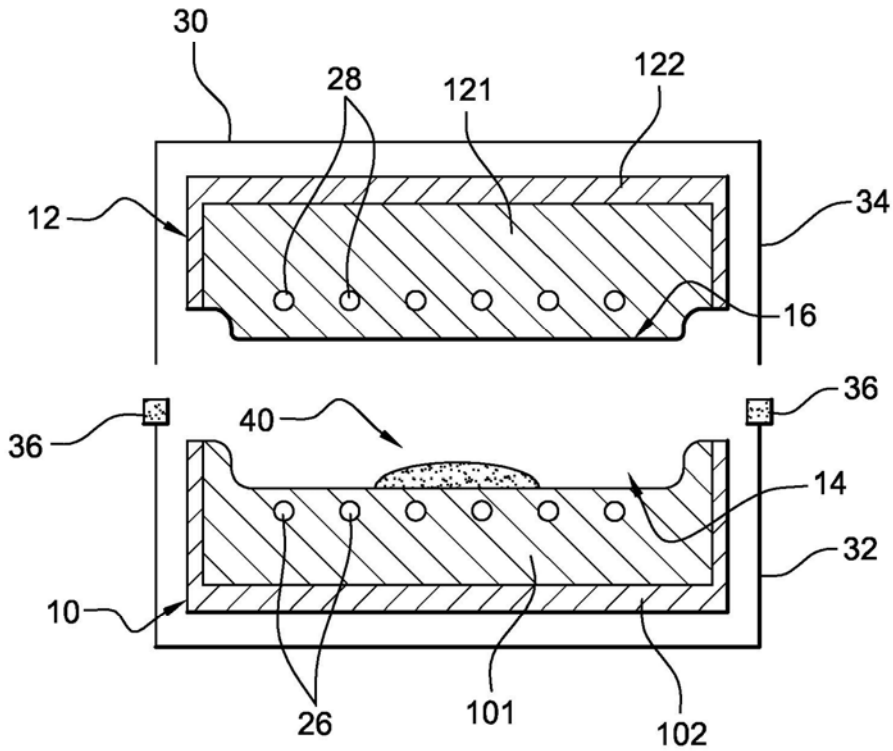


Fig. 2

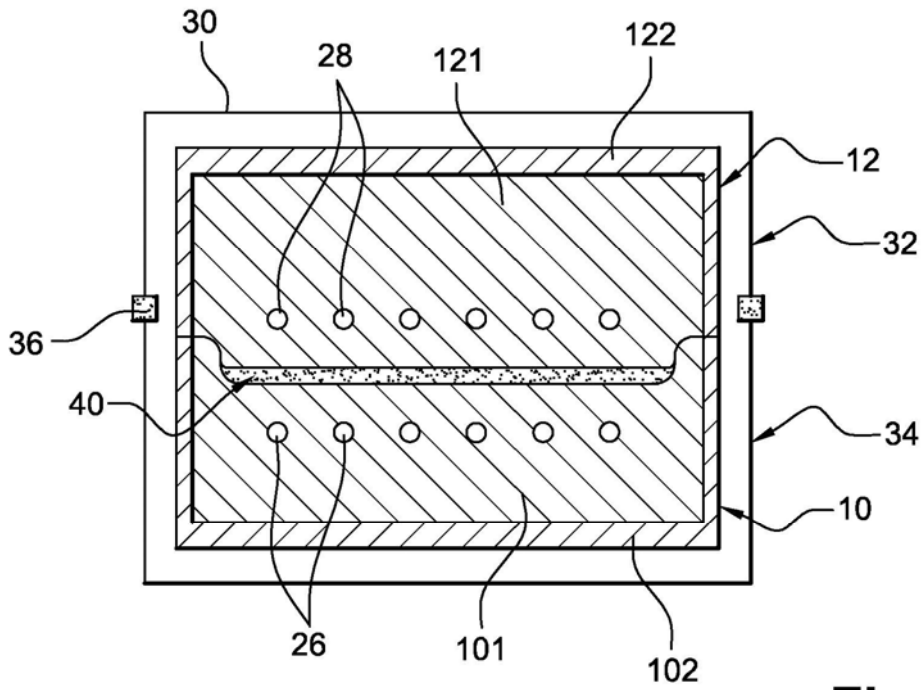


Fig. 3

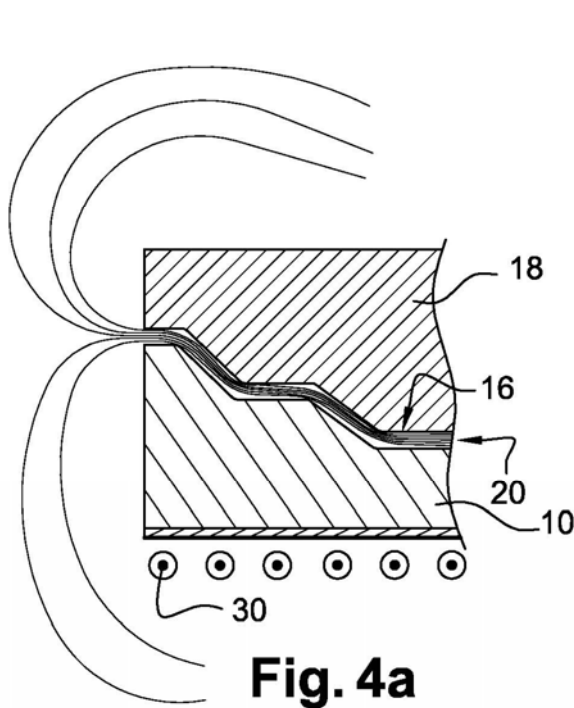


Fig. 4a

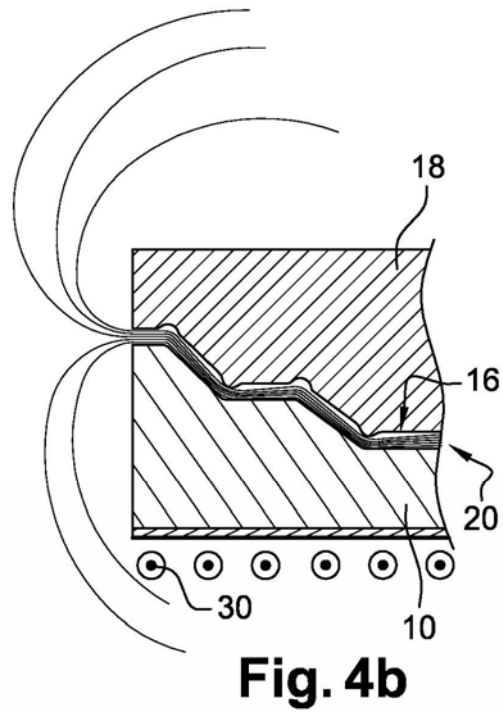


Fig. 4b

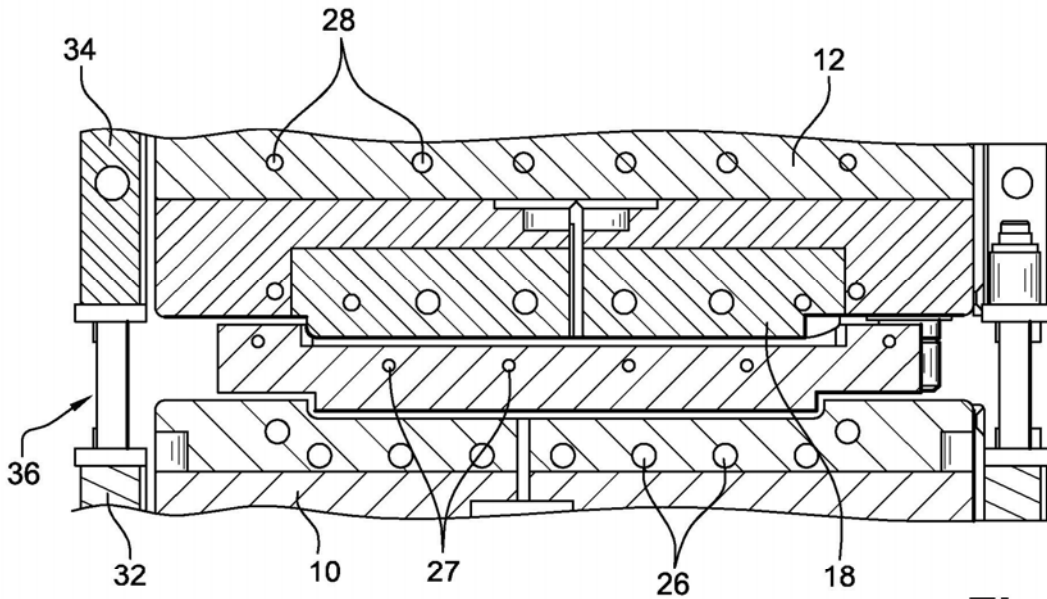


Fig. 5

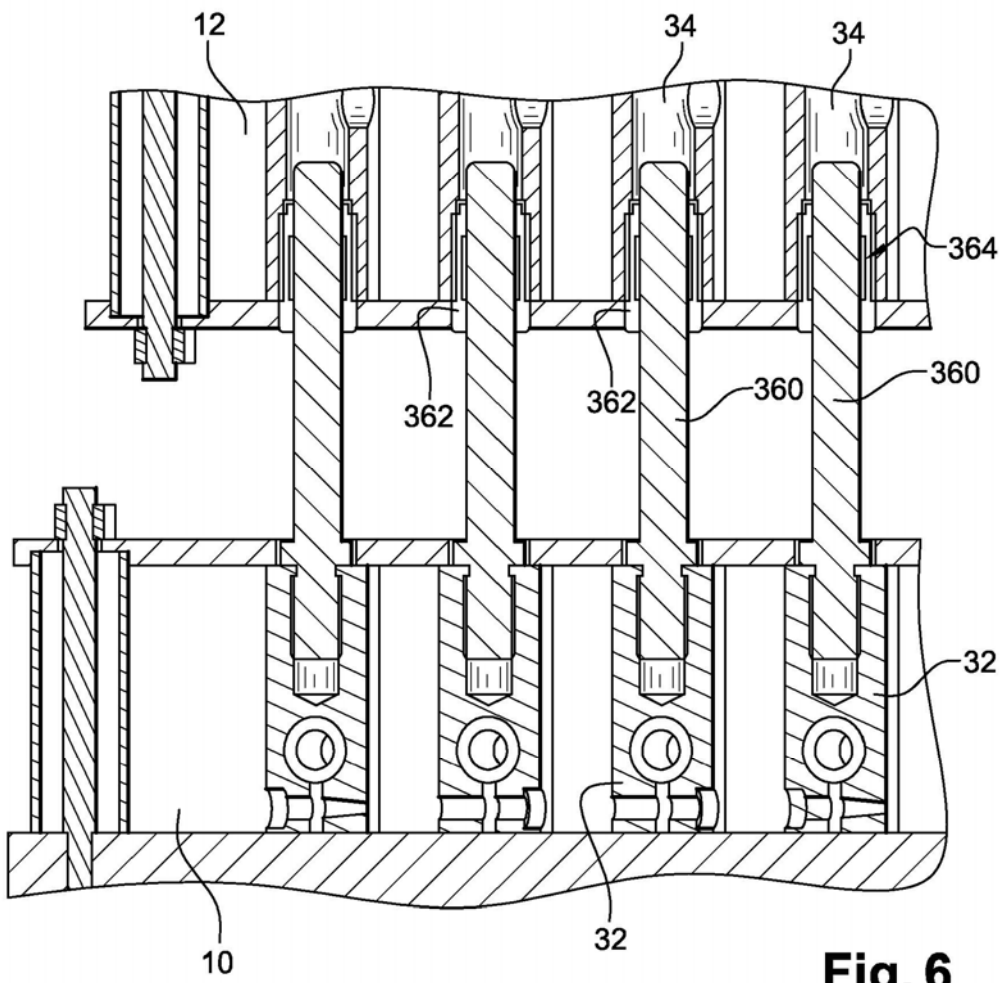


Fig. 6