

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 474**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/28** (2006.01)

**F01D 11/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2012** **E 12163066 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 2647798**

54 Título: **Método para la fabricación de un revestimiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.11.2015**

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES GMBH (100.0%)**  
**Dachauer Strasse 665**  
**80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**DR. HERTTER, MANUEL y**  
**STIEHLER, FRANK**

74 Agente/Representante:

**COBO DE LA TORRE, María Victoria**

**ES 2 552 474 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 para la fabricación de un revestimiento

5 (0001) La invención hace referencia a un método para fabricar un revestimiento en un elemento de una turbomáquina, especialmente de una turbina de gas. La invención hace referencia además a un correspondiente revestimiento fabricado, así como a un elemento estático o rotatorio de una turbomáquina con semejante revestimiento. Los revestimientos se utilizan especialmente en los denominados sistemas de posición de fisión en los componentes de compresores y componentes de turbinas de turbomáquinas. Los revestimientos tienen el  
10 objetivo de mantener al mínimo una ranura obturadora del sistema de álabes rotatorio respecto a una carcasa, como también la ranura de un sistema de álabes fijo respecto al cubo del rotor giratorio, y con ello, garantizar un funcionamiento estable de la turbomáquina con un alto grado de eficiencia. Habitualmente, los elementos rotatorios de la turbina presentan alerones obturadores, que según se conoce funcionan contra los revestimientos u obturaciones. Semejante obturador en forma de panal se manifiesta en el documento WO 2004/061340 A1. Es  
15 conocido el unir los revestimientos con los correspondientes componentes de compresor o de turbina mediante medios de fijación mecánicos, mediante soldeo, soldadura o soldadura por láser. Además es conocido, el recubrir los revestimientos mediante métodos de fabricación generativos o métodos de pulverización térmicos, directamente sobre los componentes del compresor o de la turbina. Es desventajoso, sin embargo, en los métodos de fijación y recubrimiento conocidos que no se puede obtener siempre suficiente adhesividad entre el  
20 revestimiento y el componente de compresor o turbina.

(0002) El documento WO2011/141017 A2 describe un método para la fabricación de un revestimiento en un elemento de una turbomáquina, especialmente, de una turbina de gas, con el paso:

25 Recubrimiento y fabricación del revestimiento en el elemento de la turbomáquina mediante un método cinético de compactación de gas frío – siendo el elemento un elemento estático o rotatorio de la turbomáquina.

(0003) El documento DE 10 2009 018685 A1 describe un método para la fabricación de un blindaje de una punta de álabe.

30 (0004) El documento US 2008/286108 A1 describe un método para recubrir un compresor o una turbina de punta de álabe de una rueda de álabes con partículas abrasivas.

(0005) Por ello, es objetivo de la presente invención el poner a disposición un método para la fabricación de un  
35 revestimiento en un elemento de una turbomáquina, la cual garantiza una unión segura entre la superficie del elemento y el revestimiento, y que además se puede realizar económicamente. También es objetivo de la invención presente el poner a disposición un correspondiente revestimiento y un elemento de una turbomáquina con semejante revestimiento.

40 (0006) Los objetivos se cumplen conforme a la invención mediante un método con las características de la reivindicación de la patente 1ª, un revestimiento con las características de la reivindicación 7ª, un elemento estático o rotatorio de una turbomáquina con las características de la reivindicación 8ª y un elemento con las características de la reivindicación 9ª. Ejecuciones ventajosas de la invención se indican en las siguientes reivindicaciones, teniéndose en cuenta que las ejecuciones preferibles del método deben ser entendidas como ejecuciones  
45 preferibles del revestimiento conforme a la invención y del elemento conforme a la invención.

(0007) Un método conforme a la invención para la fabricación de un revestimiento en un elemento de una turbomáquina, especialmente de una turbina de gas, está caracterizada por el siguiente paso: Recubrimiento y  
50 fabricación del revestimiento en un elemento de la turbomáquina mediante un método cinético compactación de gas frío (K3), siendo el elemento un elemento estático o rotatorio de la turbomáquina. Mediante la utilización conforme a la invención de un método cinético de compactación de gas frío se consigue una unión segura entre el elemento de la turbomáquina y el revestimiento. A través de las altas velocidades de partículas utilizadas en el método cinético de compactación de gas frío surgen capas muy densas, que se agarran muy bien y fijamente a las correspondientes superficies del elemento. Además, mediante la utilización del método cinético de compactación  
55 de gas frío se evita, a menudo, un indeseado recubrimiento de material poroso, lo cual puede resultar en otros métodos de pulverización térmicos, como proyección de plasma, proyección a la llama y proyección a la llama de alta velocidad, a causa de las fuertes turbulencias con el aire ambiente al recubrir y fabricar recubrimientos. En los materiales de origen en forma de polvo utilizados en el método conforme a la invención para la fabricación de los revestimientos se trata de materiales usados usualmente para revestimientos. Especialmente, se usan el adecuado  
60 polvo de metal o mezclas de polvo de metal o mezclas de polvos de cerámica. Especialmente, para la fabricación del revestimiento para turbomáquinas se emplean aleaciones de aluminio. Además, a estos materiales básicos se pueden añadir sustancias de relleno inertes de materiales fácilmente disociables, como el grafito, bentonita o nitruro de boro hexagonal. También son posibles otros materiales adecuados o combinaciones de materiales, teniendo en cuenta que los mismos tienen que ser dúctiles en el método de compactación de gas frío.

65 (0008) En otras configuraciones ventajosas del método conforme a la invención, antes del recubrimiento del revestimiento se recubre al menos una capa adhesiva y/o al menos una capa termoaislante, o bien, una capa de protección del fuego de titanio sobre una superficie del elemento estático o rotatorio a ser recubierta con el

revestimiento para la formación de un revestimiento compuesto. Con ello, se puede fabricar la capa adhesiva y/o la capa termoaislante, o bien, la capa de protección del fuego de titanio de un método de pulverización térmico. Especialmente, se puede usar aquí, a su vez, un método cinético de compactación de gas frío, mediante el cual se puede realizar ventajosamente en un dispositivo de pulverización la fabricación del revestimiento compuesto. Sin embargo, también es posible que la capa adhesiva y/o la capa termoaislante, o bien, capa de protección del fuego de titanio sean recubiertas mediante una proyección a la llama, proyección a la llama de alta velocidad, proyección por arco y/o proyección de plasma.

(0009) Conforme a la invención, después del recubrimiento del revestimiento en el elemento estático o rotatorio se conforma una estructura y/o contorno en y/o al revestimiento. Las estructuras y/o los contornos sirven para la mejora de la aerodinámica del revestimiento. Con ello, la estructura y/o el contorno pueden ser conformados mediante un método de remoción electroquímica, especialmente la remoción electroquímica (ECM) ó el tratamiento de metal electroquímico preciso/ pulsado (PEM/PECM) ó un método de remoción mecánico, especialmente, el taladrado o el fresado. Sin embargo, también es posible que el recubrimiento del revestimiento se lleve a cabo en el elemento estático o rotatorio según un modelo de capa pre-programado para la formación de una estructura y/o un contorno en y/o al revestimiento. Así puede utilizarse, por ejemplo, un modelo de capa pre-programado mediante un correspondiente dispositivo de recubrimiento y pulverización mandado por ordenador, para la formación del revestimiento. Sin embargo, también es posible recubrir las zonas que no se recubren con el revestimiento del elemento estático o rotatorio antes del recubrimiento del material en forma de polvo, mediante materiales adecuados del modo conocido. La estructura está conformada a modo de panel de abejas. El recubrimiento y la fabricación del revestimiento mediante el método cinético de compactación de gas frío son independientes de la superficie del elemento sobre el que se recubre el revestimiento. Mediante esto pueden incorporarse ventajosamente estructuras independientes de la superficie y/o contornos en y/o al revestimiento.

(0010) Además, el método conforme a la invención para la fabricación del revestimiento mediante el método cinético de compactación de gas frío es económico y puede emplearse también en la producción en serie sin problemas.

(0011) La invención hace referencia además a un revestimiento para un elemento estático o rotatorio de una turbomáquina, especialmente una turbina de gas, fabricada según un método descrito anteriormente. El revestimiento conforme a la invención está unido de forma segura con la superficie del elemento estático o rotatorio y puede fabricarse económicamente.

(0012) Además, la invención hace referencia a un elemento estático o rotatorio de una turbomáquina, en especial, una turbina de gas, con al menos un revestimiento, que está fabricado según el método descrito anteriormente. Mediante la utilización del método cinético de compactación de gas frío para el recubrimiento y la fabricación del revestimiento resulta un modo de construcción integral entre el elemento estático o rotatorio y el revestimiento. Además, se crea una unión segura entre el revestimiento y el elemento.

(0013) Otras configuraciones y ventajas del revestimiento conforme a la invención y del elemento conforme a la invención fueron descritas anteriormente.

(0014) Otras características de la invención resultan de las reivindicaciones, de los ejemplos de ejecución, así como de los dibujos. Las características y las combinaciones de características nombradas anteriormente en la descripción, así como las características y las combinaciones de características mencionadas a continuación en los ejemplos de ejecución no sólo son utilizables en las respectivas combinaciones indicadas, sino que también pueden usarse en otras combinaciones, sin abandonar el marco de la invención.

(0015) Se muestran:

Figura 1 una vista esquemática y cortada de un revestimiento conforme a la invención dentro de una zona de una turbomáquina según una primera forma de ejecución;

Figura 2 una vista esquemática y cortada de un revestimiento conforme a la invención dentro de una zona de una turbomáquina según una segunda forma de ejecución; y

Figura 3 una etapa del método representado esquemáticamente para la creación de una estructura en y/o al revestimiento conforme a la invención.

(0016) Los revestimientos (20, 24) representados en la Figura 1 son parte de un sistema obturador (10) como componentes de una turbina de gas de baja presión. Se observa que el sistema obturador (10) está dispuesto en un espacio de anillo (30) entre una pared (22) de la turbina de gas de baja presión que limita con la corriente y una serie de álabes de rodete que comprende varios álabes de rodete (12) o un anillo de refuerzo (16) exterior dispuesto en una punta del álabe de rodete (14). El sistema obturador (10) comprende dos juntas de cierre (34, 36), estando dispuesta la segunda junta de cierre (36) en la dirección de la corriente (28) detrás de la primera junta de cierre (34). Las juntas de cierre (34, 36) se componen respectivamente de un revestimiento (20, 24) dispuesto en un anillo de refuerzo (16) exterior, y respectivamente de una punta obturadora (18, 26) dispuesta de forma opuesta al respectivo revestimiento (20, 24) y en el lado interior la pared (22). Además, los revestimientos (20, 24)

están dispuestos unos tras otros en la dirección de la corriente (28). Los revestimientos (20, 24) se recubren y se fabrican sobre las correspondientes superficies del anillo de refuerzo (16) exterior mediante un método cinético de compactación de gas frío (K3). En el ejemplo de ejecución representado, los revestimientos (20, 24) presentan una estructura de panel que tras el recubrimiento de los revestimientos (20, 24) se han incorporado en las mismas. La estructura y/o contorno pueden ser conformados por un método de remoción electroquímica, especialmente la remoción electroquímica (ECM) ó el tratamiento de metal electroquímico preciso/ pulsado (PEM/PECM) ó un método de remoción mecánico, especialmente el taladrado o el fresado. Sin embargo, también es posible que el recubrimiento del revestimiento se lleve a cabo en el elemento estático o rotatorio según un modelo de capa pre-programado para la formación de una estructura y/o un contorno en y/o al revestimiento. Así puede utilizarse, por ejemplo, un modelo de capa pre-programado mediante un correspondiente dispositivo de recubrimiento mandado por ordenador, para la formación del revestimiento. También es posible recubrir las zonas que no se recubren con el revestimiento del elemento estático o rotatorio de la turbomáquina mediante materiales adecuados del modo conocido.

(0017) Los revestimientos (20, 24) pueden estar compuestos de materiales usados habitualmente. Son conocidos múltiples materiales, cuya utilización se rige según las zonas de empleo prefijadas. Como materiales de partida en forma de polvo se utilizan especialmente materiales metálicos para los revestimientos a ser fabricados. En parte, éstos pueden ser combinados con materiales cerámicos, sirviendo éstos especialmente como substancias de relleno inertes para el revestimiento. Como materiales metálicos se emplean especialmente aleaciones de aluminio. Sin embargo, también es posible usar plásticos adecuados que tienen que soportar las temperaturas de empleo dominantes en las distintas zonas de la turbomáquina. Además, se pueden integrar en las capas de pulverización metálicas del revestimiento substancias de relleno inertes de materiales fácilmente disociables como, por ejemplo, grafito, bentonita, nitruro de boro hexagonal, fibras o compuestos de poliéster. Así se realiza un correspondiente funcionamiento sencillo y cuidadoso con el material.

(0018) La Figura 2 muestra una vista a modo de corte, esquemático y parcialmente cortado de un sistema obturador (10) conforme a una segunda forma de ejecución. Se observa que el sistema obturador (10) a su vez está dispuesto en el espacio de anillo (30) entre la pared (22) de una turbina de gas de baja presión que limita con la corriente y una serie de álabes de rodete que comprende varios álabes de rodete (12), o bien, el anillo de refuerzo (16) exterior dispuesto en la punta del álabe de rodete (14). El sistema obturador (10) comprende también en este ejemplo de ejecución dos juntas de cierre (34, 36), estando situada la segunda junta de cierre (36) en la dirección de la corriente (28) detrás de la primera junta de cierre (34). Al contrario de la primera forma de ejecución representada en la Figura 1 del sistema obturador, la primera junta de cierre (34) comprende una punta obturadora (40) dispuesta en el anillo de refuerzo (16) exterior, estando dispuesta la punta obturadora (40) opuesta a un revestimiento situado en un lado interior de la pared (22) que limita con la corriente. La segunda junta de cierre (36) presenta en un anillo de refuerzo (16) una punta obturadora (42), que está dispuesta opuesta a un revestimiento (44) situado en el lado interior de la pared (22).

(0019) Los revestimientos representados en los ejemplos de ejecución no se limitan al ámbito de las turbinas de gas de baja presión. Más bien pueden utilizarse también el ámbito de los compresores para el recubrimiento de los correspondientes lados interiores de la carcasa del compresor que están opuestos a los álabes de rodete del compresor.

(0020) La Figura 3 muestra un revestimiento (20) recubierto y fabricado mediante el método cinético de compactación de gas frío. El recubrimiento del revestimiento (20) se llevó a cabo sobre un elemento rotatorio de una turbomáquina, exactamente en el anillo de refuerzo (16) exterior del álabe de rodete (12) de una turbina de gas de baja presión. Se observa que se baja una herramienta (46) para la remoción electroquímica, especialmente una correspondiente disposición de electrodos sobre el revestimiento (20) (pasos parciales a) y b)). La estructura y conformación de la herramienta (46) está adaptada a la estructura a ser fabricada en el revestimiento (20). En la Figura 3b está representada esquemáticamente la creación de la mencionada estructura en el revestimiento (20). Se observa que la herramienta (46) se baja sobre el revestimiento (20) y se introduce en el mismo. Aquí se representa el ejemplo de la denominada bajada electroquímica. Durante la bajada electroquímica se trata habitualmente con un electrodo la superficie de la pieza, en este caso el revestimiento (20), llevándose a cabo mediante reacción electroquímica de la pieza, o bien, del revestimiento (20), con el electrólito que se encuentra entre el revestimiento (20) y la herramienta (46), una remoción de material en el revestimiento (20). En los denominados métodos ECM, PEM o PECM, la anchura de la ranura de trabajo entre el electrodo ó la herramienta (46) y la herramienta ó el revestimiento (20) es de una importancia esencial. Para la creación de estructuras y formas más finas se puede bajar la distancia a dimensiones en el ámbito de 10 hasta 50  $\mu\text{m}$  y por debajo. Para poder garantizar un intercambio de electrólitos correspondiente lo suficientemente grande en semejantes pequeñas distancias, habitualmente se hace vibrar la herramienta (46) o la disposición de electrólitos.

(0021) Después de una estructuración y/o un trazado de contorno correspondientes del revestimiento (20), la herramienta (46) se retira del revestimiento (20).

**REIVINDICACIONES**

1ª.- Método para la fabricación de un revestimiento (20, 24, 32, 44) en un elemento de una turbomáquina, especialmente de una turbina de gas, caracterizada por los pasos:

- 5 - Recubrimiento y fabricación del revestimiento (20, 24, 32, 44) en un elemento de la turbomáquina mediante un método cinético de compactación de gas frío (K3),
- siendo el elemento un elemento (16) estático o rotatorio de la turbomáquina, y
- 10 - que se caracteriza por que el recubrimiento del revestimiento (20, 24, 32, 44) se lleva a cabo sobre el elemento (16) estático o rotatorio según un modelo de capas prefijado para la conformación de una estructura y/o un contorno en y/o al revestimiento (20, 24, 32, 44) y
- que la estructura está conformada a modo de panal de abejas.

15 2ª.- Método según la reivindicación 1ª, que se caracteriza por que antes del recubrimiento del revestimiento (20, 24, 32, 44) se recubre al menos una capa adhesiva y/o al menos una capa termoaislante, o bien, una capa de protección del fuego de titanio sobre una superficie del elemento (16) estático o rotatorio a ser recubierta con el revestimiento (20, 24, 32, 44) para la formación de un revestimiento compuesto.

20 3ª.- Método según la reivindicación 2ª, que se caracteriza por que la capa adhesiva y/o al menos una capa termoaislante, o bien, una capa de protección del fuego de titanio, se fabrican mediante un método de pulverización térmico.

25 4ª.- Método según la reivindicación 3ª, que se caracteriza por que la capa adhesiva y/o al menos una capa termoaislante, o bien, una capa de protección del fuego de titanio, se fabrican mediante un método cinético de compactación de gas frío (K3).

30 5ª.- Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que después del recubrimiento del revestimiento (20, 24, 32, 44) sobre el elemento (16) estático o rotatorio se conforma una estructura y/o contorno en y/o al revestimiento (20, 24, 32, 44).

35 6ª.- Método según la reivindicación 6ª, que se caracteriza por que la estructura y/o el contorno son conformados mediante un método de remoción electroquímica, especialmente la remoción electroquímica (ECM) ó el tratamiento de metal electroquímico preciso/ pulsado (PEM/PECM) ó un método de remoción mecánico, especialmente, el taladrado o el fresado.

7ª.- Revestimiento para un elemento un elemento estático o rotatorio de la turbomáquina, especialmente de una turbina de gas, fabricada según un método conforme a una de las reivindicaciones 1ª hasta 6ª.

40 8ª.- Elemento estático o rotatorio de la turbomáquina, especialmente de una turbina de gas, con al menos un revestimiento (20, 24, 32, 44) fabricado según un método conforme a una de las reivindicaciones 1ª hasta 6ª.

45 9ª.- Elemento según la reivindicación 8ª, que se caracteriza por que el elemento es una punta de álabe de rodete, un anillo de refuerzo (16) exterior de un álabe de rodete (12) o una serie de álabes de rodete o la carcasa de un componente de compresor o de turbina.

50

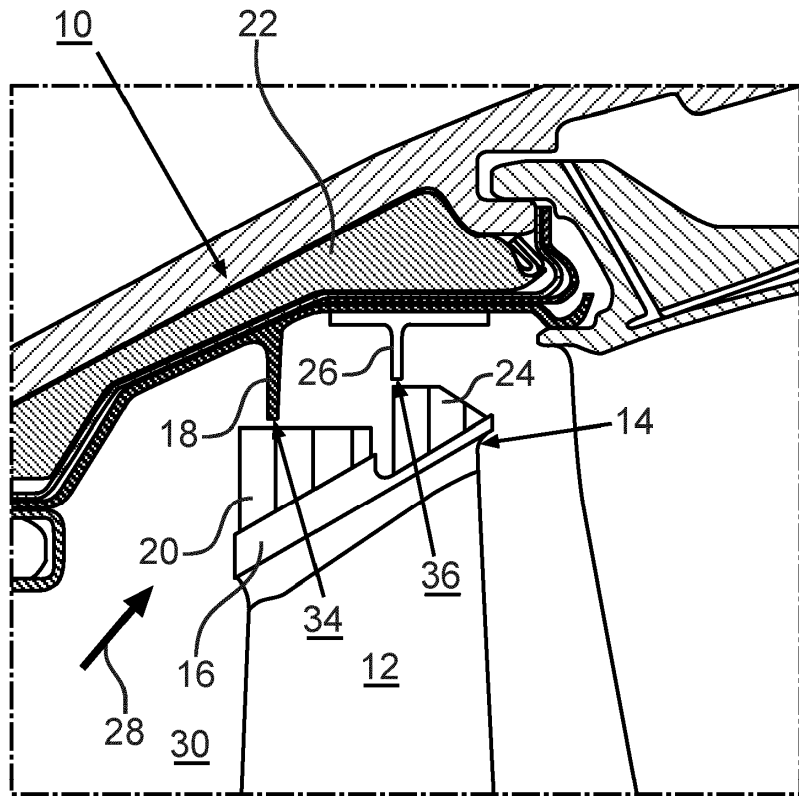


Fig. 1

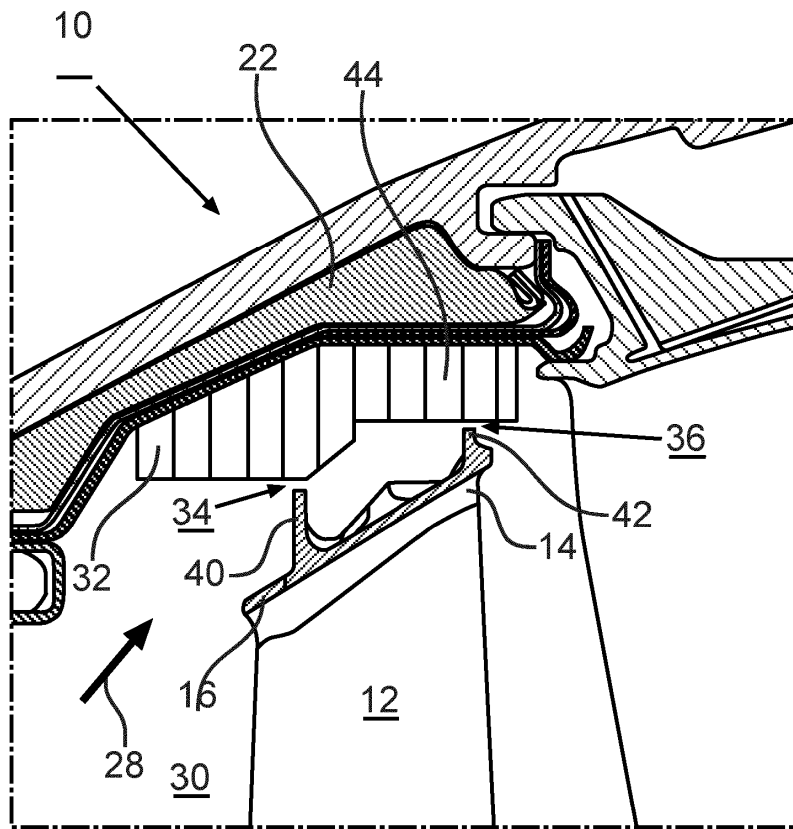


Fig.2

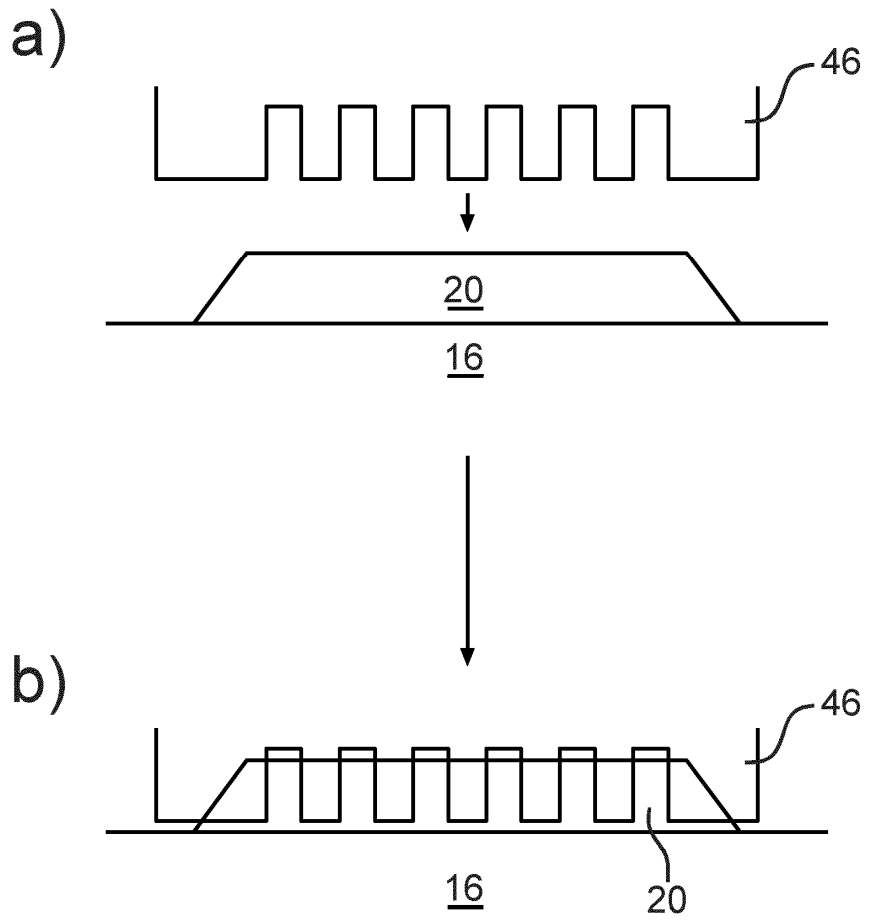


Fig.3