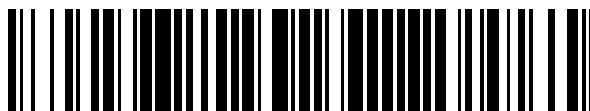


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 577**

51 Int. Cl.:
B24C 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09732287 .9**
- 96 Fecha de presentación: **17.04.2009**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2288473**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.03.2011**

54 Título: **Procedimiento de chorreado por ultrasonidos de piezas de turbomáquinas**

30 Prioridad:
18.04.2008 FR 0802178

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.04.2012

73 Titular/es:
Snecma
2 Bld du Général Martial Valin
75015 Paris, FR

72 Inventor/es:
VIGUERA SANCHO, Ana

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 379 577 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

Procedimiento de chorreado por ultrasonidos de piezas de turbomáquinas.

5 El presente invento se refiere a un procedimiento de tratamiento y sometimiento a compresión de superficies que incluyen zonas de acceso difícil, y más exactamente los ganchos de retención axial de los álabes de turbomáquinas que incluyen una garganta entre el gancho y el pie del álabe.

10 En un motor aeronáutico de turbina de gas, los ganchos de retención axial de los álabes en el alojamiento de estos últimos sobre un disco de turbina y los anillos de los discos o llantas de turbina que llevan una ranura radial de retención axial de los álabes están fuertemente solicitados. Los ganchos de los álabes sufren un fuerte nivel de esfuerzos estáticos, y en cuanto a las ranuras de los discos, existen problemas de contacto y de desgaste entre el disco y la brida aplicada contra la cara del disco.

Actualmente, para mejorar sus prestaciones mecánicas, estas piezas son tratadas en superficie, por chorreado usual con granalla o granallado, con el fin de mejorar su resistencia a la fatiga y a la corrosión.

15 La operación de granallado de pretensión es un tratamiento mecánico destinado a mejorar las propiedades de una pieza metálica por endurecimiento superficial. Está fundamentado en la transformación estructural de los materiales. El procedimiento usual consiste en someter a las piezas mecánicas a una compresión superficial, mediante la proyección de pequeñas bolas de acero, de vidrio o de cerámica. Esta operación de microbombardeo de bolas crea una zona comprimida que es la sede de esfuerzos internos de compresión mediante los cuales aumenta la resistencia.

20 Según un ejemplo de chorreado clásico con granalla, se martillea la superficie mediante la proyección de bolas de acero BA 315 (bolas de acero de 0,315 mm de diámetro con una intensidad F -15A (según el índice Almen). Se utiliza un flujo gaseoso, producido por expansión a través de una tobera, después se desplaza la tobera, paralelamente a la superficie de la pieza, o bien la pieza con respecto a la tobera, para cubrir la superficie a tratar.

25 Teniendo en cuenta la dificultad de accesibilidad de ciertas zonas, este tipo de granallado no puede realizarse en condiciones óptimas. En efecto, el chorro de granalla no puede ser dirigido de forma directa sobre la superficie y el granallado se realiza por rebote, en el mejor de los casos. El granallado por rebote es mucho menos eficaz pues las bolas llegan a la superficie con una energía más débil. También, en ciertos casos, el nivel de compresión no es suficiente para tratar la superficie de la pieza.

Además, el granallado clásico no nos da la seguridad de un buen recubrimiento de las zonas de difícil acceso, tales como las gargantas de los álabes o las ranuras de los discos.

30 La utilización del procedimiento de sometimiento a compresión por choque de rayos láser no es tampoco aplicable a estas zonas. En efecto, estas zonas al estar enmascaradas, no son accesibles por el haz de rayos láser.

35 El tratamiento por choque de rayos láser, es un procedimiento que trata de generar ondas de choque plastificantes en un material, con el fin de mejorar igualmente sus propiedades superficiales. Las ondas de choque se obtienen focalizando sobre la superficie del material un impulso láser muy intenso (GW/cm^2) en presencia de un medio de confinamiento de muy corta duración (algunos nanosegundos). El tratamiento es susceptible de inducir esfuerzos residuales de compresión en espesores que alcanzan varios centenares de micrómetros y esto, sobre una gran variedad de materiales, en particular para las aplicaciones que afectan al campo de los aceros, de las aleaciones de aluminio o de titanio. El tratamiento permite la mejora de propiedades superficiales, como la resistencia a la fatiga, al desgaste o incluso la corrosión. Uno de los intereses de esta técnica reside en el hecho de que los estados superficiales de las piezas son poco modificados.

El solicitante se ha fijado como objetivo tratar superficies sobre un gancho de retención axial de álabe de turbomáquina que presente zonas de acceso difícil de piezas de motor de turbina de gas utilizando el procedimiento de granallado por ultrasonidos.

45 El procedimiento de granallado por ultrasonidos permite someter a compresión y, así, endurecer las capas superficiales de materiales metálicos, siendo el objetivo de esta técnica el de mejorar la duración de la vida de las piezas. El procedimiento consiste en poner a vibrar un sonotrón, a frecuencias próximas a la frecuencia de los ultrasonidos, por medio de elementos acústicos, unidos a un generador. Bolas de diferentes naturalezas son propulsadas hacia el material antes de ser granallado, por medio del sonotrón.

50 Con el fin de paliar los inconvenientes de los procedimientos clásicos de tratamiento de superficies sobre zonas de difícil acceso, el invento consiste en aplicar el procedimiento de granallado por ultrasonidos sobre las citadas zonas, del tipo garganta de álabes, para las que procedimientos tales como el granallado clásico o bien el choque mediante rayos láser no permiten el recubrimiento completo de la superficie.

- 5 De acuerdo con el invento, el procedimiento de granallado por ultrasonidos, por medio de una nube de bolas puestas en movimiento al contacto con un sonotrón, de una superficie metálica que tiene una zona de difícil acceso está caracterizado por el hecho de que siendo la superficie la de un gancho de retención axial de un álabe de turbomáquina que incluye una garganta situada entre el gancho y el pie del álabe y una porción de superficie exterior a la citada garganta, la nube de bolas está contenida en un recinto que engloba a la citada superficie.
- Ventajosamente, la aplicación del procedimiento da la posibilidad de conseguir una compresión más profunda en las zonas de acceso difícil y, en consecuencia, permite la mejora de la tolerancia a los daños. (fatiga, corrosión,...).
- 10 El documento DE 102004059592 describe un procedimiento de granallado por ultrasonidos por medio de una nube de bolas de una superficie metálica que tiene una zona de acceso difícil, con una garganta pero no muestra el tratamiento de una superficie que tiene un gancho de retención axial del álabe de una turbomáquina.
- El procedimiento de granallado trata piezas realizadas con un material del grupo del acero, aleación de titanio o superaleación a base de níquel o de aluminios.
- 15 La ventaja de la aplicación del procedimiento estriba en la posibilidad de obtener un recubrimiento completo, así como en un mejor estado de la superficie, con la ausencia de repliegue de materia en los ángulos. Otra ventaja reside en el hecho de que este procedimiento es muy repetitivo.
- El invento presenta un interés cuando la citada garganta del gancho tiene una anchura comprendida entre 1,5 mm y 10 mm y una profundidad comprendida entre 1,5 mm y 20 mm.
- Se utilizan más particularmente bolas que presentan las siguientes características:
- 20 Tienen un diámetro inferior o igual a 2,5 mm y una masa superior o igual a 0,5 gr., y un diámetro comprendido entre 300 micrómetros y 2,5 mm.
- Estas son bolas de rodamientos de acero con un débil contenido de carbono, y siendo la amplitud de vibración del sonotrón superior o igual a 20 micrómetros.
- Preferentemente el tiempo de tratamiento está comprendido entre 5 y 200 segundos.
- El sonotrón forma una porción de la pared del recinto.
- 25 Se conoce la patente FR2816538 que describe un procedimiento para aumentar la duración de la vida de anclajes de álabes sobre un rotor de turbina utilizando un granallado por ultrasonidos de las ranuras y de los pies de álabes. El granallado se efectúa con una flecha Almen al menos igual a F8A con el fin de aumentar el esfuerzo previo de compresión de las superficies en contacto sin aumentar la rugosidad. Las bolas son proyectadas por la percusión de un sonotrón en vibración y están contenidas en un recinto formado por las ranuras anular y axial, siendo introducido el sonotrón en la embocadura de éste con dos orejetas que recubren las aberturas laterales.
- 30 La accesibilidad de las zonas a tratar no es objeto de la enseñanza de esta patente puesto que las ranuras de alojamiento de los álabes permiten la formación de recintos con su pared.
- La patente FR 2873609 trata del granallado por ultrasonidos y de la utilización de proyectiles que permitan obtener una intensidad de tratamiento suficiente sobre superficies cóncavas que presentan un radio de curvatura más pequeño que el de los proyectiles. Los proyectiles tienen tanto una dureza como una densidad elevadas a pesar de ser de pequeña dimensión y su utilización permite tratar zonas difícilmente accesibles con proyectiles convencionales de pequeños radios de curvatura. Estos proyectiles son capaces de adquirir una energía cinética lo suficientemente grande como para generar el nivel de esfuerzos deseados en la pieza. Esta patente describe varias realizaciones de recintos adaptados a la configuración de las superficies a tratar. Sin embargo su enseñanza no incluye el tratamiento de piezas que presenten una parte con una garganta de pequeña abertura.
- 35 40 Se comprenderán mejor los objetivos, aspectos y ventajas del presente invento, con la lectura de la descripción dada, a continuación, de los diferentes modos de realización. Estos están presentados aquí a título de ejemplos, no limitativos. Los dibujos anexos están descritos a continuación:
- La figura 1 representa esquemáticamente un gancho de álabe de turbomáquina.
- 45 La figura 2 representa la esquematización de las zonas de análisis de esfuerzos por difracción X.
- La figura 3 muestra un perfil de esfuerzos obtenido por granallado usual, sobre la zona A de análisis de la figura 2, teniendo en las abcisas la profundidad en micrones y en ordenadas el valor del esfuerzo residual en MPa.
- La figura 4 muestra el utillaje que permite el granallado por ultrasonidos de ganchos de álabes.

La figura 5 muestra el perfil de esfuerzos obtenido por el granallado por ultrasonidos, sobre la zona de análisis A de la figura 2.

5 En un turborreactor, los discos de los rotores incluyen un anillo, en la periferia del cual está montada una pluralidad de álabes no retirables. Los álabes están montados en ranuras axiales, en forma de cola de golondrina por ejemplo, mecanizadas en el anillo, y que incluyen un pie, igualmente en forma de cola de golondrina, mecanizado en la base del álabes, efectuándose el ensamblaje por encaje del pie en la ranura. Los pies de los álabes son encajados en las ranuras por deslizamiento, con un juego limitado. Los pies están inmovilizados axialmente por medio de ganchos de retención axial solidarios con el pie de los álabes. Los ganchos cooperan con un junquillo transversal dispuesto entre el pie del álabes y el gancho. Así, las gargantas retienen el movimiento axial de los pies de álabes. Una
10 plataforma, que sobresale del pie del álabes, delimita la vena de gas. El material está comprendido en el grupo del acero, aleación de titanio, superaleación a base de níquel o de aluminio.

La figura 1 presenta la geometría concernida por aplicación del procedimiento del invento. La superficie a tratar incluye en interior de la garganta 5 formada entre el gancho 20 y el pie 13 del álabes así como con la porción de superficie 7 exterior adyacente. Está constituida por una zona 5 en forma de U invertida. La anchura de esta zona
15 varía entre 1,5 mm y 10 mm, y la profundidad varía entre 1,5 mm y 20 mm. La superficie a tratar comprende igualmente la porción de superficie 7 del gancho exterior a la garganta 5.

Los ganchos están fuertemente solicitados; el fuerte nivel de esfuerzos estáticos sobre dichos ganchos puede originar problemas de rotura y de desgaste.

20 La figura 4 muestra el utillaje desarrollado para permitir el granallado por ultrasonidos de los ganchos. El álabes 10 comprende esquemáticamente una paleta 11, un pie 13, con sección por ejemplo en forma de cola de golondrina, y eventualmente un zanco. Hay una plataforma interpuesta entre el pie 13 y la paleta 11.

El utillaje 30 incluye una placa de soporte con una superficie vibrante 32 y un sonotrón, excitado por los medios de producción de vibraciones a una frecuencia de ultrasonidos, no mostrados en los dibujos. La citada superficie vibrante constituye la pared activa de un recinto 25. En este volumen definido por las paredes 31, en un lado de la
25 superficie vibrante 32 del recinto, se dispone una abertura 26, por la que se introduce el gancho 20 del álabes 10. La abertura 26 está obturada por la cara del pie del álabes con el gancho.

El gancho 20 está así contenido en el recinto. La garganta 5 y la porción de superficie 7 del gancho, adyacente y exterior a la garganta, están contenidos en el recinto. La garganta tiene aquí una anchura de 3,2 mm y una profundidad de 7,26 mm.

30 La superficie vibrante 32 está situada a una pequeña distancia del gancho 20. Es más ancha que la garganta 5 y ve al menos en parte la porción de superficie del gancho exterior a la garganta 5.

Las bolas 2, de un diámetro de 1,5 mm, son introducidas en el recinto 25 a través de la abertura 26. Cuando la superficie vibrante 32 está sometida a oscilaciones ultrasonoras por el sonotrón, se crea una nube de bolas en el
35 recinto 25. Las bolas son propulsadas hacia el gancho 20, percutiendo la pared de la citada garganta 5 y la porción de superficie adyacente 7.

La frecuencia de las oscilaciones ultrasonoras, las dimensiones de la superficie vibrante 32, así como el diámetro, el material y la masa de las bolas están, escogido de tal manera que la zona de la garganta del gancho, pero también la porción de superficie exterior a la garganta sean granalladas de manera homogénea durante un tiempo muy corto.

40 En el ejemplo anterior los parámetros obtenidos, después de la puesta a punto del granallado por ultrasonidos, con el utillaje, están recogidos en la siguiente tabla:

Condiciones	
Tipo de bolas:	100 C6 diámetro 1, 50mm
Masa de las bolas:	2,00 g.
Amplitud:	120 micrómetros
Tiempo de tratamiento:	75 segundos
Tasa de recubrimiento:	Mayor de 125%

- Una ventaja no despreciable del granallado por ultrasonidos es la de que su puesta en práctica no necesita nada más que una pequeña cantidad de bolas. Se puede pues, en el presente caso, utilizar bolas de alta calidad, tales como las bolas de acero de los rodamientos. Estas bolas tienen una duración más elevada que las bolas de carburo de tungsteno. Las bolas de acero de los rodamientos no se rompen, son perfectamente esféricas, y en consecuencia no producen aristas vivas susceptibles de aumentar la rugosidad de la superficie de la pieza granallada.
- El tiempo de granallado está determinado en función de las tasas de recubrimiento, siendo las tasas de recubrimiento una proporción entre la superficie impactada y la superficie total expuesta al granallado.
- Se hace observar que para una tasa de recubrimiento correspondiente al 125 %, el tiempo de granallado es de 75 segundos.
- La puesta a punto del granallado por ultrasonidos ha sido realizada sobre un gancho 20, en una zona de una anchura de 3,2 mm y de una profundidad de 7,26 mm. Siendo los parámetros utilizados para el procedimiento los siguientes: diámetro de las bolas entre 300 micrómetros y 2,5 mm, con una masa situada entre 0,5 y 5 gramos, una amplitud comprendida entre 20 y 500 micrómetros y con un tiempo de tratamiento que varía entre 5 y 200 segundos.
- Tal y como se ve en la figura 2, las mediciones de los esfuerzos han sido realizadas en las zonas A y B del pie del álabo incluyendo la garganta. La zona A está formada por un volumen del pie 13 delimitado por la superficie lateral de la garganta 5 y la zona B está formada por un volumen del pie 13 delimitado por el fondo de la garganta 5. Estas mediciones han sido realizadas para determinar los esfuerzos residuales en profundidad por difracción X. El resultado en términos de perfil de esfuerzos obtenido por granallado habitual BA 315 (bolas de acero de diámetro 0,315 mm) y de intensidad F15A (según el índice Almen) está mostrado en la figura 3.
- La figura 5 muestra el perfil o curva de esfuerzos obtenido por granallado por ultrasonidos, objeto del invento, en la zona 2 del gancho 20 representado en la figura 2.
- Si se comparan los resultados obtenidos por granallado usual (figura 3) con los obtenidos por granallado de ultrasonidos (figura 5), en la zona A de la superficie tratada, se observan niveles de esfuerzos similares. Por el contrario, el granallado por ultrasonidos permite obtener esfuerzos sobre una profundidad mucho más importante (particularmente en una proporción del 100% con respecto al granallado clásico).
- En las zonas A y B de la figura 2, se han realizado análisis MEB con el fin de verificar el recubrimiento obtenido por el granallado ultrasónico.
- El análisis MEB permite obtener una imagen de la muestra (aumentada hasta 100.000 veces o más), poniendo en evidencia detalles imposibles de desvelar de otra manera.
- Los resultados de este análisis muestran un recubrimiento completo en las zonas A y B del gancho 20, la ausencia de estrías residuales, así como la ausencia de pliegues formados por los impactos.

REIVINDICACIONES

- 5 1- Procedimiento de granallado por ultrasonidos, por medio de una nube de bolas puestas en movimiento al contacto de un sonotrón, de una superficie metálica que incluye una zona de acceso difícil, caracterizado por el hecho de que la superficie es la de un gancho (20) de retención axial de un álabe de turbomáquina que incluye una garganta (5) situada entre el gancho y el pie del álabe y una porción de superficie (7) exterior a la citada garganta, estando la nube de bolas contenida en un recinto (25) que engloba la citada porción de superficie (7) exterior a la citada garganta y las citada garganta.
- 10 2- Procedimiento de granallado según la reivindicación 1, en el que la citada garganta (5) tiene una anchura comprendida 1,5 mm y 10 mm y una profundidad comprendida entre 1,5 mm y 20 mm.
- 3- Procedimiento de granallado según la reivindicación 1 ó 2, según el cual se utilizan bolas que tienen:
- a. un diámetro inferior o igual a 2,5 mm,
 - b. una masa superior o igual a 0,5 g.
- 15 4- Procedimiento según la reivindicación precedente, siendo la amplitud de los desplazamientos de las bolas superior o igual a 20 micrómetros.
- 5- Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, estando el tiempo de tratamiento comprendido entre 5 y 200 segundos.
- 6- Procedimiento de granallado según la reivindicación 1, teniendo las bolas un diámetro comprendido entre 300 micrómetros y 2,5 mm.
- 20 7- Procedimiento de granallado según la reivindicación 1, siendo las bolas, bolas de acero de rodamientos o bolas de carburo de tungsteno o de aluminios.
- 8- Procedimiento según la reivindicación precedente, formando el sonotrón una porción de la pared del recinto (25).
- 25 9- Procedimiento de granallado según una de las reivindicaciones precedentes, estando los ganchos realizados con un material del grupo del acero, de una aleación de titanio o de una superaleación a base de níquel o de aluminios.

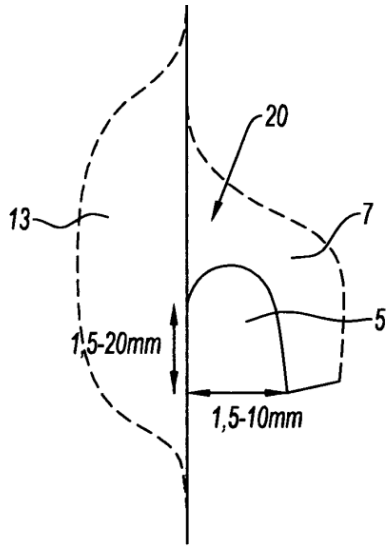


Fig. 1

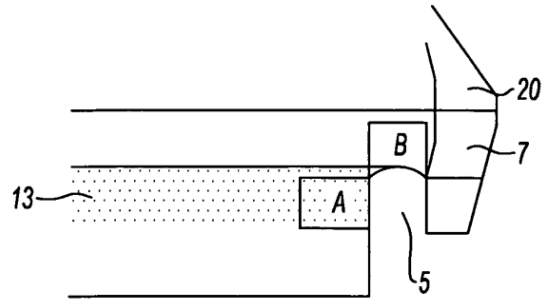


Fig. 2

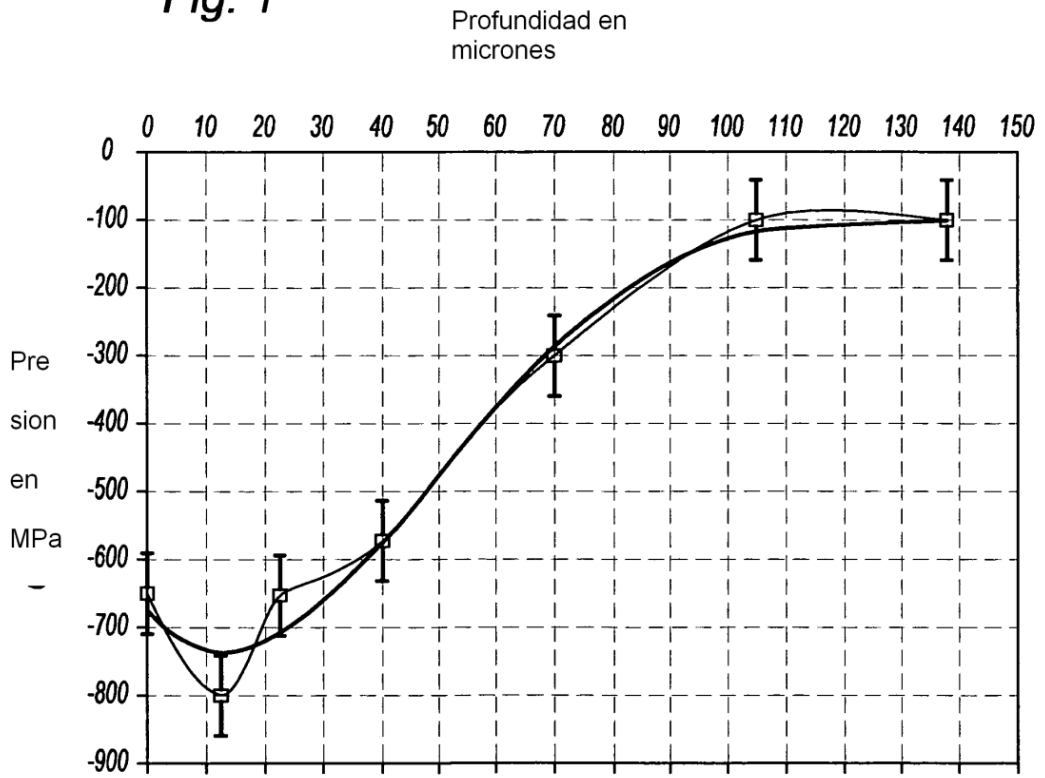


Fig. 3

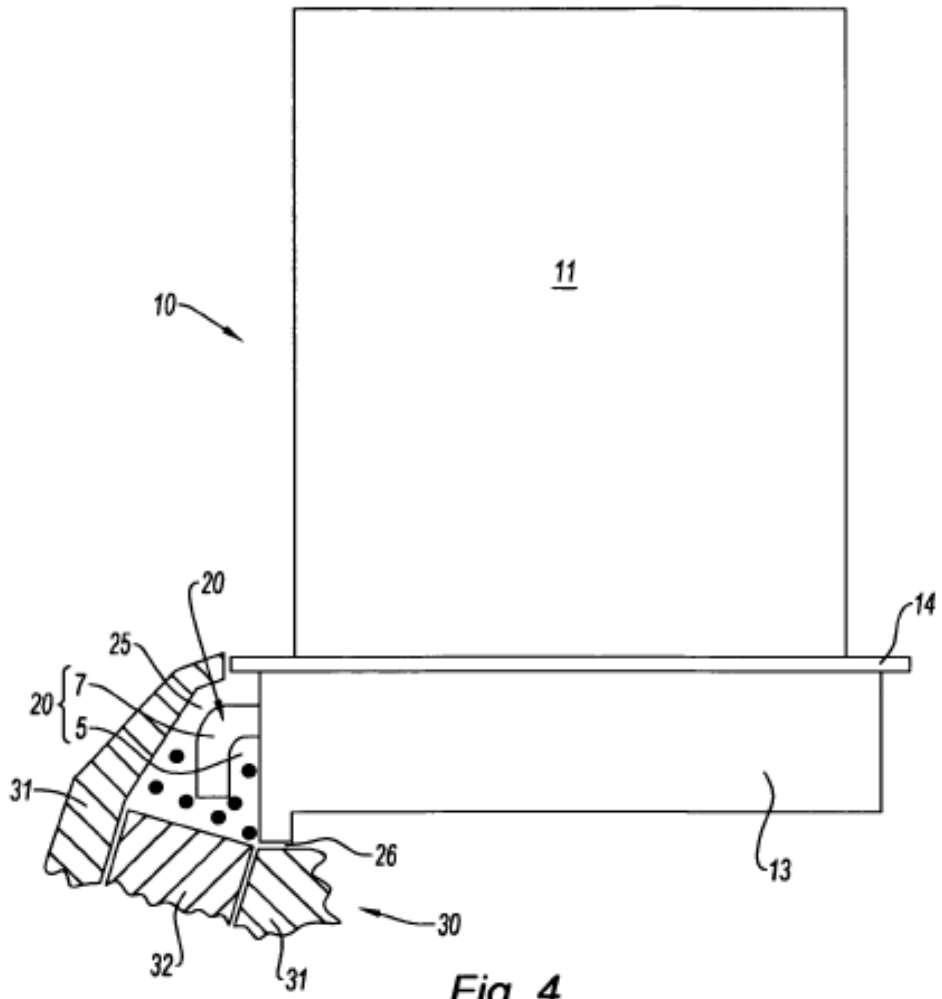


Fig. 4

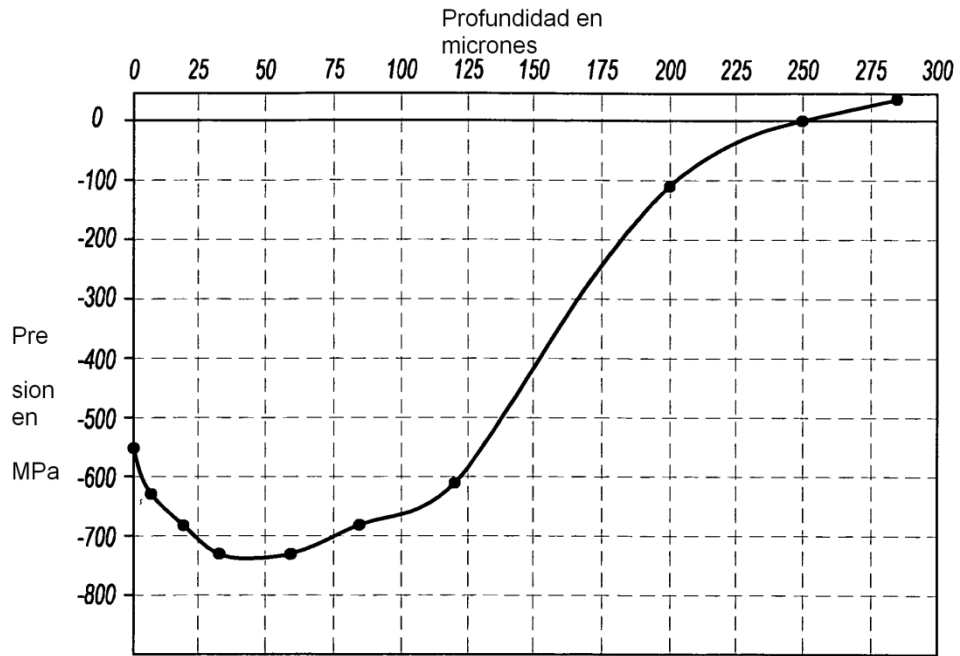


Fig. 5