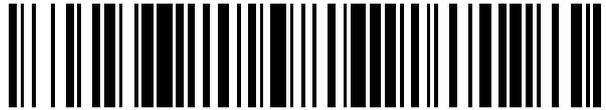


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 048**

21 Número de solicitud: 201730434

51 Int. Cl.:

B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 80/00 (2015.01)
G01N 3/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

28.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.10.2018

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)
C/ PABELLON DE BRASIL - Pº DE LAS DELICIAS S/N
41013 SEVILLA ES**

72 Inventor/es:

**VAZQUEZ VALEO, Jesus;
DOMINGUEZ ABASCAL, Jaime;
NAVARRO PINTADO, Carlos y
ERENA GUARDIA, Diego**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE UNA PIEZA CON RESISTENCIA AUMENTADA A FATIGA POR CONTACTO**

57 Resumen:

Procedimiento de fabricación de una pieza (1) con resistencia aumentada a fatiga por contacto caracterizado porque comprende al menos una etapa de realizar al menos un orificio (2) en el interior de la pieza (1) en una zona próxima a la superficie de contacto (3) de la pieza (1). La pieza (1) obtenida tiene una resistencia a la fatiga por contacto en la superficie de contacto (3) mayor que tendría una pieza fabricada mediante procedimientos del estado de la técnica sin el al menos un orificio (2) interior.

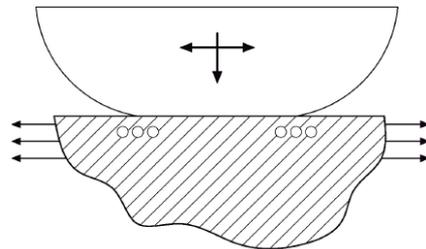


FIG.1a

ES 2 684 048 A1

**PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE UNA PIEZA CON RESISTENCIA
AUMENTADA A FATIGA POR CONTACTO**

DESCRIPCIÓN

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención describe un procedimiento de fabricación de una pieza con resistencia aumentada a fatiga por contacto. El procedimiento comprende al menos la realización de un hueco en el interior de la pieza en una zona próxima a la superficie de contacto.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Una técnica actualmente conocida para la mejora de la resistencia a la fatiga de componentes metálicos es, por ejemplo, la aplicación de un recubrimiento sobre la pieza que modifique alguna o varias de sus propiedades superficiales. Algunas de estas propiedades que se pueden modificar son, por ejemplo, el coeficiente de rozamiento, la dureza o la resistencia a fatiga.

20

Otra solución del estado de la técnica es la aplicación de un tratamiento térmico a la pieza correspondiente de la que se quieren modificar las propiedades superficiales del material.

25

Asimismo se pueden aplicar tratamientos mecánicos superficiales para introducir tensiones residuales de compresión que también ayudan a mejorar la resistencia a la fatiga. En estos casos se puede provocar el impacto de pequeñas bolas contra la superficie a gran velocidad, se puede tratar la superficie con láser, se puede aplicar con gran fuerza un rodillo sobre la superficie, etc.

30

Otro grupo de soluciones conocidas para aumentar la resistencia de las piezas metálicas de los pares de contacto es la de modificar la geometría de los elementos que forman dicho par de contacto. De esta forma se pueden reducir las tensiones bajo las superficies de contacto de ambas piezas. Un ejemplo de este tipo de soluciones comprende la

realización de un texturizado en las superficies de contacto para que en vez de ser lisas tengan una cierta textura o patrón superficial. Esta solución conocida permite disminuir las tensiones en el interior de la pieza pero necesariamente introduce concentradores de tensión en la superficie. Así pues, el problema técnico más importante asociado a esta solución es que se iniciarían grietas más rápidamente de lo que luego se frenarían.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El procedimiento de fabricación de una pieza con resistencia aumentada a la fatiga por contacto es aplicable a la fabricación de piezas que vayan a formar parte de un par de contacto mecánico. Su aplicabilidad sería en cualquier sector industrial en el que se empleen máquinas y estructuras con piezas unidas entre sí mediante algún tipo de contacto mecánico.

Así pues, las piezas obtenidas mediante el procedimiento propuesto pueden ser empleadas en cualquier tipo de vehículo usado en agricultura o transporte, en aerogeneradores, en robots de fábricas alimentarias o textiles, en uniones atornilladas, etc.

El objetivo de la presente invención es aumentar la resistencia de los componentes de las máquinas o estructuras que sufren de fatiga por contacto. Es decir, la presente invención pretende mejorar la resistencia a la fatiga de piezas de un par de contacto cualquiera.

El fenómeno de la fatiga por contacto se produce cuando las piezas están en contacto, presionadas entre sí y además hay fuerzas variables con el tiempo aplicadas a ellas. Esto provoca un rozamiento entre las superficies de ambas piezas lo cual produce desgaste y aparición de grietas. Dichas grietas pueden provocar que la pieza se rompa después de un número de ciclos de carga aplicados.

La solución aquí descrita se encuadra dentro del grupo de soluciones que aumentan la resistencia a la fatiga por contacto de las piezas mediante la modificación de la geometría de algunas de éstas. Concretamente, la modificación de la geometría se realiza en el interior de dichas piezas.

En este caso, el procedimiento propuesto comprende la realización de al menos un hueco en el interior de la pieza en una zona próxima a la superficie de contacto. Se entiende como superficie de contacto de la pieza la superficie que va a quedar en contacto con otra pieza, por ejemplo en un par de contacto.

5

Dicha superficie de contacto es susceptible de sufrir las mayores tensiones y deformaciones, y por tanto es la parte que se puede ver sometida a un mayor proceso de daño por fatiga. Es esencial, para alargar la vida útil de la pieza, que se reduzcan las tensiones que se sufren cerca de la superficie de contacto. El hueco que se realiza en el interior de la pieza permite retrasar la formación de grietas e incluso en algunos casos evita la aparición de éstas.

10

En ningún caso el al menos un hueco que se realiza en la pieza llega a sobresalir en la superficie de contacto. Es decir, a simple vista no es posible apreciar en la superficie de contacto los huecos realizados en las piezas obtenidas con el procedimiento descrito. La característica técnica de que la superficie de contacto de las piezas obtenidas sea lisa facilita el montaje, el funcionamiento de la máquina o estructura en la que se colocan y la posible aplicación de otros tratamientos sobre la superficie de la pieza.

15

Así pues, con el procedimiento de la presente invención se disminuyen las tensiones y las deformaciones debidas al contacto mecánico en las piezas obtenidas y por tanto se consigue retrasar el inicio y propagación de las grietas producidas por fatiga. Como resultado, las piezas obtenidas con el procedimiento de la presente invención tienen una vida útil más larga. En algunos casos se consigue incluso evitar el fallo de las piezas.

20

25

Preferentemente el procedimiento de fabricación se realiza mediante fabricación aditiva (también conocida como impresión 3D), aunque dependiendo de la geometría de la pieza a fabricar es posible aplicar otro tipo de técnicas de fabricación. Con la técnica de fabricación aditiva, la pieza se genera capa a capa. Cada capa tiene un espesor de pocas decenas de micras lo cual posibilita la formación del al menos un hueco en el interior de la pieza de manera precisa. Asimismo, este tipo de fabricación asegura el correcto posicionamiento de los huecos en el interior de la pieza.

30

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1a.- Muestra una vista de las superficies de contacto de dos piezas de un par de contacto donde una de dichas piezas comprende una pluralidad de huecos debajo de la superficie de contacto.

Figura 1b.- Muestra una vista de las superficies de contacto de dos piezas de un par de contacto en donde ambas piezas comprenden una pluralidad de huecos debajo de la superficie de contacto.

Figura 2.- Muestra una vista de las dos piezas de un par de contacto en la que se han representado los parámetros geométricos que definen la posición y tamaño de un hueco en el par de contacto.

Figura 3.- Muestra una gráfica en la que se ha representado la tensión equivalente de von Mises, σ_{VM} , adimensionalizada con la máxima presión normal en la superficie, p_0 , para un par de contacto del estado de la técnica y un par de contacto en el que una de las piezas comprende un hueco debajo de la superficie.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación se describe, con ayuda de las figuras 1 a 3, un ejemplo de piezas de la presente invención.

Se propone un procedimiento de fabricación de una pieza (1) de resistencia aumentada a la fatiga por contacto que comprende una etapa de realizar al menos un hueco (2) en el interior de la pieza. Preferentemente, el procedimiento de fabricación comprende al menos una etapa de fabricación aditiva de la pieza.

Con la invención se consigue una pieza en la que se han redistribuido los campos de tensiones/deformaciones. Esto retrasa la aparición de grietas y por lo tanto mejora la vida útil de las piezas y su resistencia a la fatiga por contacto.

5 En la figura 1a se muestra un par de contacto en el que una de las piezas, en este caso la interior, se ha fabricado incluyendo un hueco en su interior como se ha descrito. Como se puede observar en dicho ejemplo, se han realizado seis huecos (2) en el interior de la pieza (1), en una zona próxima a la superficie de contacto (3).

10 Preferentemente, cuando una pieza (1) obtenida con el procedimiento de la invención se emplea en un par de contacto, dicha pieza (1) debe ser la que esté sometida a tensiones más elevadas, o bien debe ser la pieza que por diseño tenga un requerimiento mayor de resistencia a la fatiga, o aquella pieza del par de contacto que permita, por alguna razón de diseño, realizar huecos en su interior.

15 En la figura 1b se muestran dos piezas (1) obtenidas mediante el procedimiento de la presente invención. En este caso ambas piezas (1) conforman un par de contacto. Como se puede observar, en dicho ejemplo se han realizado seis huecos (2) en el interior de cada pieza.

20 Cuando una o ambas piezas (1) en un par de contacto comprenden más de un hueco (2) en su interior, se puede disminuir el máximo de la tensión de concentraciones en la superficie de contacto (3) eligiendo bien la posición, tamaño y número de huecos. A pesar de que los propios huecos (2) generan por sí mismos una concentración de tensiones, la disminución de tensiones en la superficie de contacto (3) de la pieza (1) compensa el aumento de la concentración de tensiones en el interior.

25 La realización en la que el procedimiento de fabricación comprende la realización de varios huecos (2) en el interior de la pieza (1), permite que las piezas (1) obtenidas puedan ser empleadas en los casos en los que el montaje de un par de contacto del que dicha pieza (1) forma parte, admite cierto error en la posición de montaje.

30 Se considera que la zona de contacto entre dos piezas de un par de contacto es la zona a lo largo de la cual contactan las superficies de contacto de las piezas que lo

forman. En la figura 2 se ha señalado el semiancho de la zona de contacto ($-a$, a) entre ambas piezas del par de contacto. En un ejemplo de realización preferente, en la etapa de realizar al menos un hueco (2) en el interior de la pieza (1), el hueco se realiza en una zona próxima al extremo de la zona de contacto ($-a$, a). Esto es debido a que en los extremos de las zonas de contacto ($-a$, a) de las piezas en un par de contacto es donde se producen las tensiones más altas. En la figura 2 se puede observar dónde quedaría posicionado un hueco (2) realizado según este ejemplo de realización.

El efecto que se consigue con el hueco (2) es flexibilizar la zona de la pieza (1) en la que se producen las tensiones más altas a causa del contacto con la otra pieza de un par de contacto. Así se disminuyen las tensiones en la zona más crítica del par de contacto. Al disminuir las tensiones en la zona más crítica, las grietas tardan más en iniciarse e incluso podrían aparecer pero no seguir creciendo y por tanto no romper la pieza.

Respecto a la realización en la que el procedimiento de fabricación comprende al menos una etapa de fabricación aditiva, como las capas que conforman una pieza así fabricada son de espesores de pocas decenas de micras, se pueden generar fácilmente los huecos (2) de pequeño tamaño en el interior de la pieza (1). Esta realización permite controlar también de forma muy precisa la posición del al menos un hueco (2) en el interior de la pieza (1).

Para comprobar la influencia del al menos un hueco (2) en al menos una de las piezas (1) en la vida útil de un par de contacto, se pueden emplear métodos de cálculo basados en la fatiga multiaxial. Para ello se emplean programas de elementos finitos en los que se introduce un modelado del par de contacto con las fuerzas que actúan sobre cada pieza. Cuando se realiza el modelado se tienen en cuenta los huecos (2) de cada una de las piezas (1) y se comparan los resultados obtenidos de los campos de tensiones/deformaciones con los resultados obtenidos para un mismo par de contacto del estado de la técnica, es decir, en el que las piezas no comprenden los huecos internos.

A continuación se describe un ejemplo de realización en el que se ha fabricado una

pieza (1) de un par de contacto con un único hueco (2) en una zona próxima a la superficie de contacto (3) y próxima al extremo de la zona de contacto (a , $-a$) entre ambas piezas del par de contacto.

5 En este caso se ha estudiado un par de contacto en el que una de las piezas comprende al menos una superficie cilíndrica que está en contacto con la superficie de contacto (3) de una pieza (1) fabricada con el procedimiento de la invención y cuyo comportamiento se ha asemejado a un semiplano. Tanto la pieza de contacto con superficie cilíndrica como la pieza cuyo comportamiento se ha asemejado a un semi-
10 plano se han supuesto en condiciones de deformación plana.

En este ejemplo, a la pieza que comprende la superficie de contacto (3) cilíndrica, se le aplica una carga de compresión, N , y posteriormente una carga oscilatoria tangencial, Q , de forma que se reproduzca un ensayo de fatiga por contacto. La
15 relación de ambas cargas tiene que cumplir que $Q < \mu N$ de forma que no haya deslizamiento global entre las dos piezas del par de contacto, pero sí deslizamientos parciales micrométricos relativos.

En la figura 2 se observan los parámetros geométricos descritos cuyos valores se muestran en la siguiente tabla (Tabla 1). Para la realización del ensayo se ha considerado que ambas piezas del par de contacto son de acero y tienen un comportamiento elástico y lineal. Los parámetros geométricos son:

a : es el semiancho de la zona de contacto entre ambas piezas del par de contacto.
 c : es el semiancho de la zona de adhesión (siendo ésta una zona en la que no existen desplazamientos relativos entre ambas superficies del par de contacto).
25

R : es el radio de la superficie cilíndrica de la pieza del par que comprende una superficie cilíndrica y que en este caso es la que aplica la fuerza sobre la otra pieza.

l : es la distancia vertical desde la superficie de contacto (3) de la pieza (1) (semi-plano) hasta el centro del hueco.

30 b : es la distancia horizontal entre el punto central de contacto entre las superficies de ambas piezas y el centro del hueco.

r : es el radio del hueco.

N y Q : son las cargas normal y tangencial de contacto aplicadas respectivamente.

Tabla 1: Parámetros geométricos experimentales para la realización de un ensayo de fatiga por contacto.

E	ν	μ	N	Q	R	r	l	b
210GPa	0.3	0.68	500 N/mm	170 N/mm	10 mm	0.138 mm	0.322 mm	0.23 mm

5 En la figura 3 se ha representado los valores de tensión equivalente de von Mises, adimensionalizada con la máxima presión normal p_0 en la superficie de contacto (3) de un par de contacto del estado de la técnica y de un par de contacto en el que una de las piezas (1) se ha fabricado con el procedimiento de la presente invención acorde a los parámetros geométricos previamente descritos y representados en la Tabla 1.

10

Los valores representados en la gráfica con línea de trazos corresponden a la tensión sufrida en el par de contacto que comprende una pieza (1) fabricada con el procedimiento de la presente invención. Los valores representados en la gráfica con línea continua corresponden a la tensión sufrida en un par de contacto del estado de la técnica sin huecos interiores bajo la superficie de ninguna de las piezas.

15

Como se puede observar en las gráficas, se consigue una reducción de la tensión mayor del 50% en la zona cercana al borde de contacto en la que se ha incluido el hueco. Así pues se aumenta la resistencia del par de contacto frente a los esfuerzos de fatiga por contacto.

20

REIVINDICACIONES

5 1.- Procedimiento de fabricación de una pieza con resistencia aumentada a fatiga por contacto caracterizado por que comprende al menos una etapa de realizar al menos un hueco (2) en el interior de la pieza (1) en una zona próxima a la superficie de contacto (3) de la pieza (1).

10 2.- Procedimiento de fabricación según la reivindicación 1 caracterizado por que comprende al menos una etapa de fabricación aditiva de la pieza.

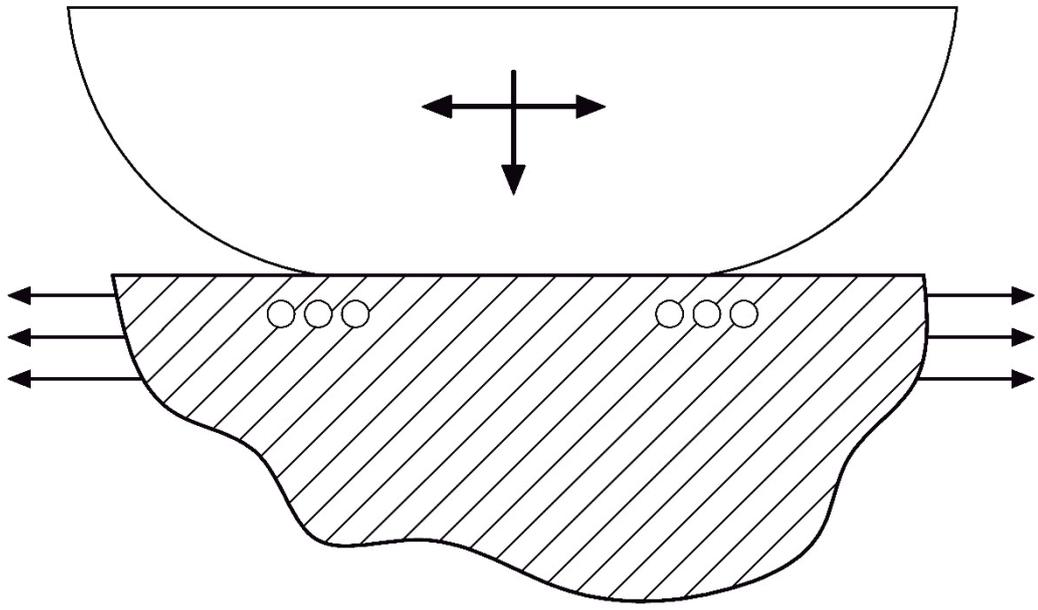


FIG.1a

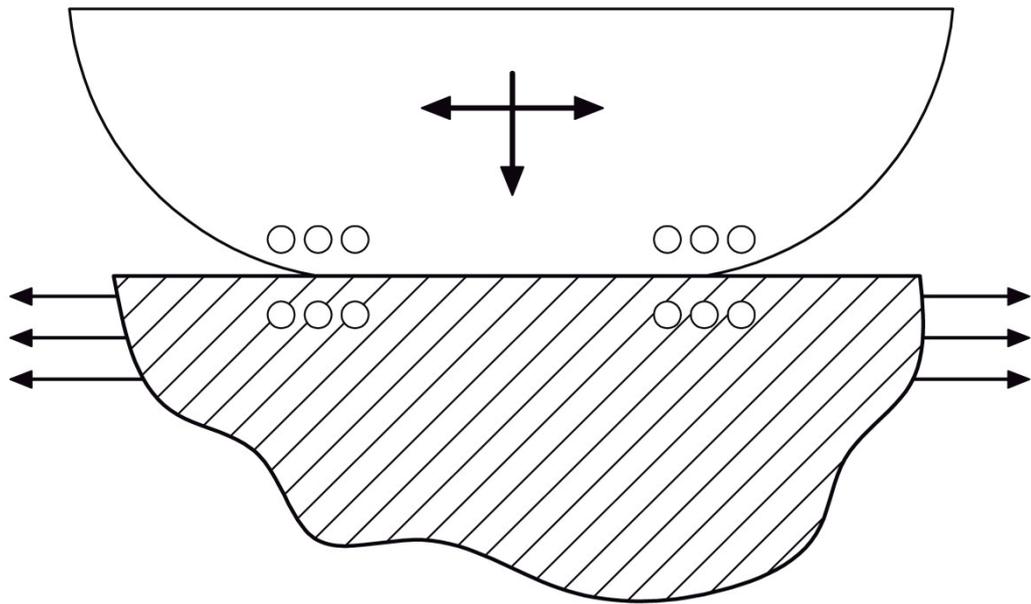


FIG.1b

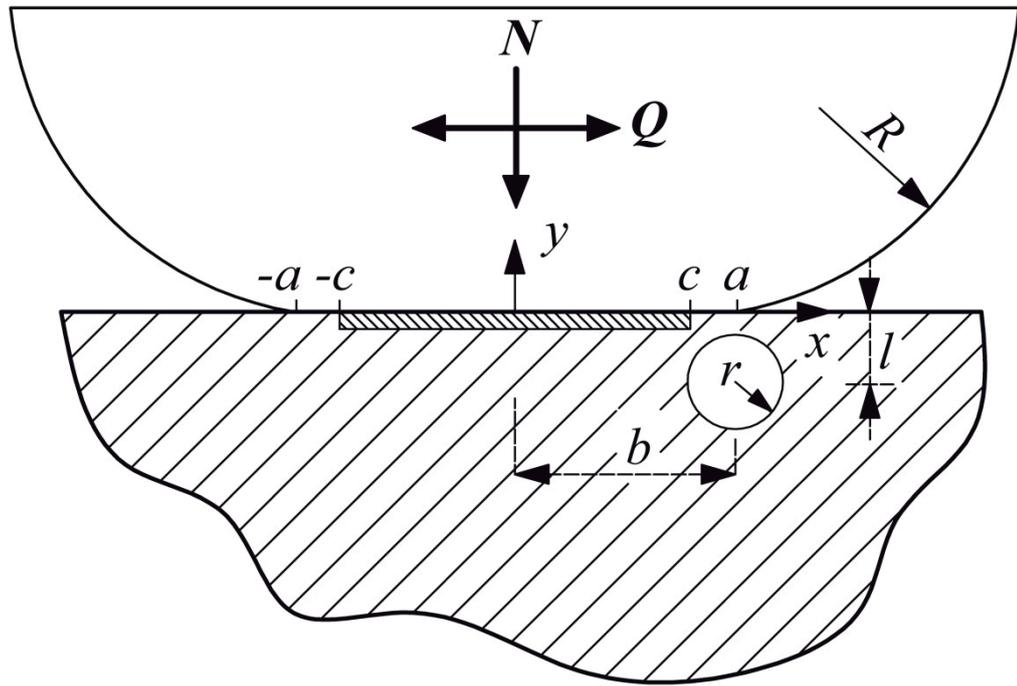


FIG.2

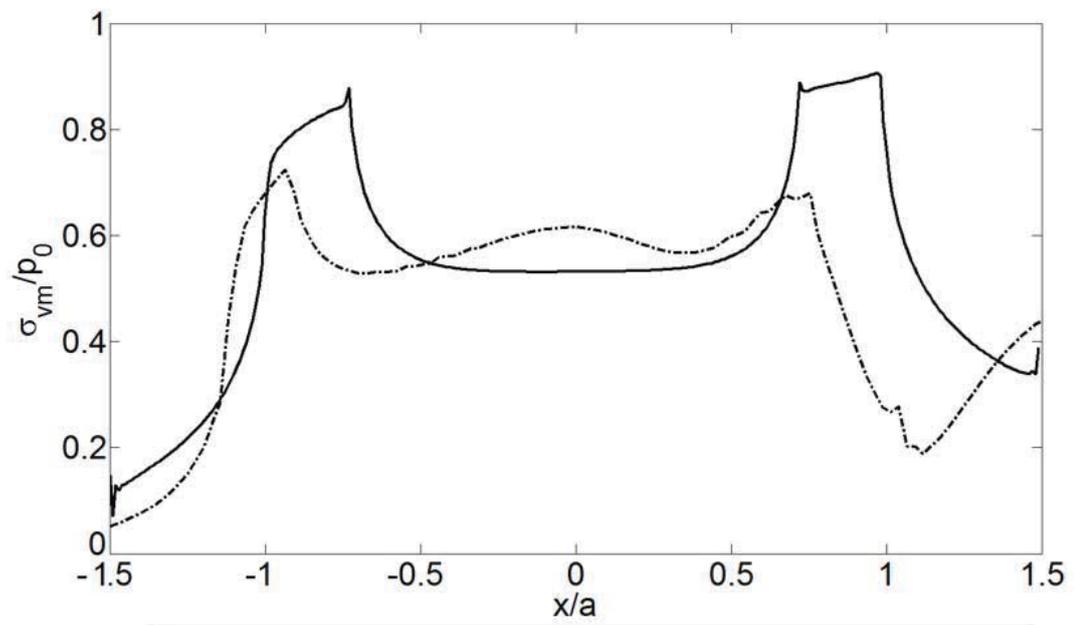


FIG.3



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201730434

②② Fecha de presentación de la solicitud: 28.03.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2012024215 A2 (NAT OILWELL VARCO LP et al.) 23/02/2012, párrafo 32, reivindicación 23, figuras 2-4	1, 2
A	US 9216524 B1 (COOK TIMOTHY H et al.) 22/12/2015, Columna 4, líneas 1-37, figura 4.	1, 2

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
12.07.2018

Examinador
A. Pérez Igualador

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B33Y10/00 (2015.01)

B33Y80/00 (2015.01)

G01N3/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C22C, B33Y, G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 12.07.2018

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1, 2	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1, 2	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2012024215 A2 (NAT OILWELL VARCO LP et al.)	23.02.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 describe una pieza de un mecanismo dotada de cavidades interiores. Se trata de un motor o bomba con rotor y estator, consistiendo éste último en un alojamiento tubular y un inserto alojado en él. En esta última pieza se incluyen, en su fabricación, unos huecos que permiten ajustar sus propiedades mecánicas (rigidez, resistencia, conductividad, etc.).

Entre los modos de fabricación que propone este documento se incluye la estéreo-litografía, que es un modo de impresión 3D o de fabricación aditiva.

Las características técnicas divulgadas por este documento afectan a la actividad inventiva del objeto de las reivindicaciones. No afectan a la novedad debido a que en D01 no se especifica explícitamente que los huecos están en zona próxima a la superficie de contacto.

El documento citado D01 se elige a modo de ejemplo entre otros muchos que podrían afectar a la actividad inventiva ya que el objeto de las reivindicaciones es muy genérico, falta de concreciones o especificaciones detalladas.

Por ello las reivindicaciones de la solicitud cumplen el requisito de novedad pero no el de actividad inventiva (art. 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986).