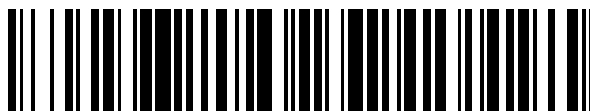


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 573**

51 Int. Cl.:

B22F 3/00 (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01)
B22F 5/10 (2006.01)
B23D 61/18 (2006.01)
B23D 65/00 (2006.01)
B28D 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.11.2013 PCT/EP2013/073905**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2014 WO14082870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2013 E 13792656 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2925473**

54 Título: **Manguito para perla de sierra obtenido por moldeo por inyección de metal**

30 Prioridad:

30.11.2012 EP 12195008

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

09.04.2018

73 Titular/es:

**NV BEKAERT SA (100.0%)
Bekaertstraat 2
8550 Zwevegem, BE**

72 Inventor/es:

**ZHANG, SHANNING;
BAEKELANDT, TOM y
DECONINCK, JAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 662 573 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

Manguito para perla de sierra obtenido por moldeo por inyección de metal

5 Campo técnico

La invención se refiere a un manguito de metal que está adaptado en concreto para su uso como el manguito de soporte de una capa abrasiva en una perla de sierra, a la perla de sierra que se construye en torno a tal manguito y a un cable de sierra que usa tales perlas. El manguito se realiza por medio de un proceso de moldeo por inyección de metal que aporta ventajas particulares para las perlas de sierra en su uso y en su realización. El documento JP 10 006 329 A divulga un ejemplo de un método para producir un manguito de metal y un manguito de metal según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 9, de forma respectiva.

15 Antecedentes de la técnica

Los cables de sierra - a los que se hace referencia a veces como hilos de sierra - se usan ampliamente para serrar piedras en canteras y en máquinas estacionarias de laminado de desbastes planos. Para el fin de la presente solicitud, se entiende que los cables de sierra son un conjunto de perlas de sierra ensartadas en un cable de acero y separadas entre sí por un polímero que se moldea por inyección en torno al cable.

20 En general, la perla de sierra en sí está constituida por un manguito al que se fija una capa abrasiva. La capa abrasiva se realiza de un compuesto de partículas abrasivas y de metal que se obtiene por medio de pulvimetalurgia. Una mezcla de polvo de metal y partículas abrasivas se comprime en una forma anular para formar una masa compacta. La masa compacta en sí se sinteriza bajo una atmósfera gaseosa reductora. A continuación, la masa compacta densificada de este modo se cobresuelda sobre un manguito de metal pequeño.

25 Recientemente se ha desarrollado un método de producción alternativo en el que la capa abrasiva se aplica directamente sobre el manguito de metal por medio de revestimiento con láser. Véanse los documentos WO 2012/119946 y WO 2012/119947. Tal método se puede usar en combinación con otras formas de realizar un cable de sierra tal como se describe, por ejemplo, en el documento WO 2011/061166.

30 A pesar de que el manguito de metal es solo una parte modesta en el total de un cable de sierra, los inventores de la presente invención han hallado que el mismo tiene, de hecho, una gran influencia sobre el desempeño global del cable de sierra.

35 Debido a que el manguito se encuentra cerca del cable de acero o incluso en contacto con el mismo, existe el riesgo de desgaste del cable de acero. De hecho, debido a que el manguito es relativamente rígido en comparación con el cable flexible, el cable puede entrar en contacto con el reborde del manguito al doblarse, lo que conduce a la rotura prematura del cable. Por lo tanto, se han previsto diferentes aberturas de salida biseladas (véanse los documentos JP10006329, JP9314544, GB 2243094).

40 Asimismo, la unión entre el manguito y la capa abrasiva y la unión entre el manguito y el cable de acero han de ser buenas debido a que todas las fuerzas que actúan sobre la capa abrasiva se transfieren al cable de acero a través de la intervención de estas uniones. Para este fin, se ha sugerido fabricar los manguitos con múltiples orificios (el documento JP 2000176737) para un anclaje mejor del polímero y la capa abrasiva.

45 También se ha sugerido fabricar un rebaje en el extremo del manguito para un anclaje mejor del polímero y / o una mejor retirada de residuos (los documentos DE195 22655, EP0728552). El documento DE 195 22655 sugiere fabricar el manguito en plástico.

50 Se pueden encontrar presentes tantas como 40 perlas por metro de cable de sierra. Por lo tanto, cada céntimo ahorrado da como resultado un coste disminuido de 40 céntimos por metro de hilo. En la actualidad, los manguitos se realizan mediante mecanizado y corte a partir de tubos. Esto es sin duda costoso cuando se desea tener una forma controlada y más complicada. Por lo tanto, los inventores de la presente invención exploraron otras formas de producir el manguito metálico.

55 Divulgación de la invención

60 El objeto principal de la invención es la provisión de un manguito que sea más económico de fabricar en grandes cantidades. Un objeto adicional es la provisión de un manguito que esté adaptado en concreto para fijar una capa abrasiva sobre el mismo por medio de revestimiento con láser. Otro objetivo es ofrecer un método que posibilite fabricar los manguitos de metal con un grado de libertad grande en términos de la forma y la composición del material. El objeto final de la invención es la provisión de una perla de sierra y un cable de sierra que comprende perlas de sierra que tienen ventajas particulares para los cables de sierra conocidos en la actualidad en virtud de sus manguitos de metal.

65

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se define un manguito de metal para su uso como un soporte de una capa abrasiva de una perla de sierra de acuerdo con la reivindicación 9. En las reivindicaciones de producto dependientes se establecen algunas características específicas para algunas formas de realización preferidas de la invención.

5 El manguito de metal para su uso como un soporte de una capa abrasiva de una perla de sierra tiene una pared interior axial con una parte media axial y unas aberturas biseladas en cada extremo. Es específico acerca del manguito que este está hecho por 'moldeo por inyección de metal'.

10 La técnica de moldeo por inyección de metal permite realizar series grandes (por ejemplo, más de cien mil) de objetos metálicos pequeños (por ejemplo, de menos de veinte gramos) a un coste bajo. La técnica comprende las etapas de:

- 15 • Mezclar de forma minuciosa un aglutinante con un polvo de metal para obtener una mezcla de materia prima homogénea u obtener una materia prima preparada;
- Moldear por inyección la mezcla en un molde, formando de ese modo un manguito 'en verde';
- Retirar el manguito en verde del molde;
- Eliminar el aglutinante del manguito en verde, formando de ese modo un manguito 'en marrón';
- 20 • Sinterizar el manguito en marrón hasta la densificación máxima.

Los colores 'verde' y 'marrón' se usan de forma habitual en el campo del moldeo por inyección de metal pero no suponen relación alguna con el color real de la parte. Estos solo son indicativos del estado del manguito: 'en verde' se puede sustituir por 'sin cocer' y 'en marrón' por 'cocido'.

25 Los aglutinantes son mezclas de moléculas orgánicas tales como cera de parafina, poliolefinas (tales como polietilenos, polipropilenos, poliestirenos, poli(cloruros de vinilo), polietilen glicol, polioximetileno y muchos otros) y ácidos esteáricos.

30 La composición de los aglutinantes determina el modo de eliminación de aglutinante para el manguito en verde. En la actualidad, hay tres sistemas principales:

- 35 • Eliminación térmica de aglutinante, en la que el aglutinante comprende constituyentes que se evaporan por etapas con una temperatura creciente (por ejemplo, materia prima Advamet®). Los constituyentes más resistentes a la temperatura solo se evaporan cuando la estructura de polvo porosa restante se aproxima a la temperatura de sinterización. La eliminación térmica de aglutinante presenta la ventaja de que la eliminación de aglutinante y la sinterización se pueden realizar en un único horno (por ejemplo, en un horno Nabertherm) con un ciclo de calentamiento y de gasificación programable.
- 40 • Eliminación de aglutinante a base de disolvente, en la que algunos constituyentes del aglutinante se disuelven con facilidad en un disolvente líquido mientras que los constituyentes insolubles restantes garantizan la unión hasta la sinterización. Mientras que en el pasado se usaban disolventes orgánicos volátiles, por razones medioambientales ha tenido lugar un cambio hacia constituyentes solubles en agua (moléculas polares tales como, por ejemplo, polietilen glicol). Resulta obvio que se prefieren estos últimos. Algunos ejemplos disponibles en el mercado son la materia prima PolyMIM® que se somete a eliminación de aglutinante en un horno de eliminación de aglutinante con agua de LóMI.
- 45 • Erosión de fase catalítica. En este sistema de eliminación de aglutinante, uno de los constituyentes se elimina al hacerlo reaccionar mediante una interacción con un reactivo. Por ejemplo, el constituyente puede ser polioximetileno mientras que el reactivo es vapor de ácido nítrico en nitrógeno. El formaldehído resultante se ha de eliminar por quemado. Una materia prima catalítica bien conocida es Catamold® de BASF que se puede someter a eliminación de aglutinante en un horno CM con instalación de quemado.

50 La sinterización se lleva a cabo o bien en el mismo horno que la eliminación de aglutinante (en caso de la eliminación térmica de aglutinante) o bien en hornos dedicados. Las temperaturas usadas dependen del tipo de polvo de metal que se use, pero para los aceros esta se encuentra habitualmente por encima de 1200 °C. Se usan gases protectores tales como nitrógeno, hidrógeno o argón con el fin de evitar la oxidación de los polvos de metal. El fin de la sinterización es fundir el polvo y consolidar la parte. El hecho de que el manguito se ha realizado por moldeo por inyección de metal se puede seguir identificando en el producto final ya que siguen siendo visibles unas cavidades esféricas diminutas en una sección transversal metalográfica.

60 El uso del moldeo por inyección de metal permite producir manguitos de metal a un coste bajo con un grado de libertad grande en cuanto a la forma. Solo se ha de tener en cuenta la contracción, bastante grande, que tiene lugar durante la sinterización del manguito en marrón en el producto final. El factor de contracción lineal 'f' (es decir, la contracción solo en una dimensión, y no en volumen) se puede estimar a partir de la fracción en volumen de polvo de metal 'γ' en la materia prima y la relación de densidad de masa del metal que se obtiene después de sinterizar a su máximo teórico 'α': $f = (\alpha/\gamma)^{1/3}$. Esto es con la suposición de que la contracción sea isotrópica. En general, 'α' ha de ser más alto que un 95 % con el fin de tener una densificación suficiente.

65

El polvo de metal que se use determinará, en gran medida, las propiedades mecánicas y geométricas del manguito resultante. Por su resistencia y su resistencia a la temperatura, las composiciones de polvo de metal a base de acero son particularmente preferidas. Una composición preferida es un acero que comprende hasta un 0,8 % en peso de carbono, menos de un 0,5 % en peso de silicio, y uno o más metales de entre el grupo que comprende níquel, manganeso, molibdeno, cromo, cobre siendo el resto hierro.

Algunos ejemplos preferidos son

- Acero de hierro y níquel (menos de un 0,2 % en peso de C; de un 1,9 a un 8,0 % en peso de Ni; siendo el resto hierro),
- aceros inoxidable tales como 316L austenítico (C \leq 0,03 % en peso de; de un 16 a un 18 % en peso de Cr; un 10 - 14 % en peso de Ni; Mn \leq 2 %; un 2 - 3 % en peso de Mo; Si \leq 1 % en peso; siendo el resto hierro),
- Aceros endurecibles por precipitación 17-4 PH (C \leq 0,07 % en peso; un 15 - 17,5 % en peso de Cr; un 3 - 5 % en peso de Ni; un 3 - 5 % en peso de Cu; un 0,15 - 0,45 % en peso de Nb; Mn \leq 1 % en peso, Si \leq 1 % en peso; siendo el resto hierro).
- 304L (C \leq 0,08 % en peso; un 18 - 20 % en peso de Cr; un 8 - 10,5 % en peso de Ni; siendo el resto hierro).

Debido a que el manguito de metal ha de ser lo suficientemente resistente para no desgarrarse durante el aserrado, una resistencia a la rotura por tracción (UTS, *ultimate tensile strength*) de 250 MPa es considerada un mínimo por los inventores de la presente invención. Más preferido es si la resistencia a la rotura por tracción es más grande que 500 MPa o incluso más de 1000 MPa. Por otro lado, se espera algo de ductilidad del manguito de metal, debido a que el mismo se puede ver afectado fuertemente por impactos durante el uso y lo mejor es que la energía de impacto se absorba de forma plástica. Por lo tanto, se prefiere la relación entre el límite elástico $R_{p0,2}$ y la UTS de aproximadamente de entre un 50 y un 85 %.

En particular, el metal del manguito de metal ha de ser capaz de sobrevivir a las temperaturas de más de 1000 °C que tienen lugar durante el revestimiento con láser de la perla. Por otro lado, el punto de fusión no debería ser demasiado alto para posibilitar la formación de una capa de unión cuando la capa abrasiva se aplica a través de revestimiento con láser. Por lo tanto, lo mejor es si la temperatura de sinterización para la materia prima de polvo de metal es aproximadamente la misma que la temperatura que tiene lugar durante el revestimiento con láser. Por lo tanto, el intervalo para la temperatura de sinterización entre 1200 °C y 1400 °C se considera un buen equilibrio entre ambos requisitos.

Preferiblemente, las mezclas de materia prima se obtienen en la forma de gránulos previamente mezclados. El tipo de sistema de eliminación de aglutinante no es esencial para la invención. No obstante, la magnitud del polvo de metal en la materia prima tiene cierta importancia para obtener un manguito de metal conveniente para su uso como un soporte de una capa abrasiva. Durante la sinterización, las partículas de polvo de metal se combinan para dar unos granos más grandes, dando como resultado un patrón de tipo embaldosado en la superficie del manguito de metal cuyas características dimensionales son determinadas en gran medida por el tamaño de los granos combinados. Estos granos combinados dan como resultado una determinada rugosidad de la superficie exterior del manguito con propiedades ventajosas para el uso del manguito de metal como un soporte para la capa abrasiva de la perla de sierra. Por lo tanto, los inventores de la presente invención prefieren que la mediana de tamaño de partícula de los polvos de metal sea de al menos 2 μ m, preferiblemente 5 μ m o 10 μ m o más. Cuando los polvos son demasiado pequeños, la superficie se vuelve demasiado lisa. Los tamaños de partícula de más de 50 μ m dan como resultado problemas para mantener la tolerancia geométrica global del manguito de metal.

La rugosidad superficial exterior del manguito también se ve influenciada por la superficie interna del molde en el que se produce el manguito. Esta superficie interna se puede texturar (por ejemplo, por chorro de arena) con el fin de imponer un patrón de rugosidad isotrópico sobre la superficie del manguito. Esto conduce a una rugosidad superficial muy reproducible, lo que es deseable para el revestimiento con láser.

En los manguitos de metal convencionales, cualquier tipo de característica adicional tal como la conformación interna o externa del manguito, un roscado interno o un tratamiento superficial dan, todas ellas, origen a un manejo adicional, lo que quiere decir un coste adicional. Para los manguitos de metal de acuerdo con la invención, estas características adicionales añaden un coste despreciable para las series grandes que se prevén.

Por lo general, el tamaño del manguito de metal es de aproximadamente 11 mm de longitud con un diámetro exterior de 7 mm y un diámetro interior de 5 mm (que pesa aproximadamente 1,6 gramos). La capa abrasiva encima del mismo da a este un diámetro exterior de 9 a 11 mm. Este es el tamaño de manguito que por lo general se usa para la extracción de bloques en canteras. Los manguitos de perlas para el laminado de desbastes planos son de aproximadamente 11 mm de longitud con un diámetro interior de 3,7 mm, un diámetro exterior de 5,0 mm (de 7,0 a 7,5 mm con capa abrasiva). Estos pesan solo 0,77 gramos. En el futuro, se consideran manguitos con unos diámetros internos incluso más pequeños tales como 3,0 mm o incluso menores que 2,5 mm, un diámetro exterior de, como máximo, 4 mm con un espesor de pared de menos de 0,5 mm, una longitud de 11 mm o menor con un peso de menos de 0,5 gramos y un diámetro global de menos de 7,0 mm.

Los inventores de la presente invención han hallado que la forma del manguito de metal tiene una gran influencia sobre - entre otras cosas - la longevidad a la fatiga del cable de sierra y la adhesión de las perlas. Algunas formas de realización preferibles de un manguito con una longitud axial 'L' tienen una pared interior axial con una parte media axial y unas aberturas biseladas o escalonadas en cada extremo. La parte media axial es cilíndrica con una longitud de entre $0,25 \times L$ y $0,75 \times L$. A pesar de que se prefiere, no es una necesidad de la invención que la parte media axial se encuentre exactamente en el medio. Es suficiente con que la parte media axial comprenda el punto medio del manguito.

Las aberturas biseladas son de tal modo que el diámetro interior ' d_{\min} ' es mínimo a medio camino de dicho manguito y se abren hasta un diámetro interior ' d_{\max} ' en los extremos del manguito. Preferiblemente, los radios de curvatura son al menos $(d_{\max} - d_{\min}) / 2$ en una sección transversal que comprende el eje del manguito. Por ejemplo, las aberturas biseladas en cada extremo pueden ser de forma cónica. Incluso más preferido es que la superficie interior de las aberturas biseladas en cada extremo se describa por una revolución axial de una curva de segundo grado. Por ejemplo, una elipse o una parábola.

Preferentemente, las aberturas biseladas muestran un radio de curvatura que sigue la curva del cable de acero cuando se dobla. El radio de curvatura del cable es determinado por la rigidez del cable de acero, la tensión que se aplica y el ángulo de salida del cable de sierra. Con 'ángulo de salida' se pretende indicar el ángulo de desviación que forma el cable de sierra cuando sale de la piedra (o entra en la misma). Para los cables de acero que se usan en la actualidad (que tienen un diámetro de aproximadamente 3,0 a 5,0 mm), el radio de curvatura de la abertura biselada debería ser de entre 10 y 30 mm, preferiblemente de entre 10 y 20 mm.

Preferentemente, la pared interior axial tiene un roscado helicoidal interno, las ranuras del cual son lo más profundas en la parte media de la pared interior axial y menos profundas en las aberturas biseladas. El roscado sirve para mejorar el anclaje del manguito al polímero sobre el cable de acero. Tal anclaje es de importancia con el fin de transferir las fuerzas que actúan sobre la capa abrasiva al cable de acero. Una superficie interior lisa no da el suficiente agarre. El roscado tiene un determinado 'ángulo de rosca' que se corresponde con el ángulo entre el roscado y el eje del manguito cuando se proyecta sobre un plano axial.

Cuanto más pequeño se vuelva el ángulo de rosca, mejor resistirá el manguito el par de fuerzas que es ejercido por el cable sobre la perla durante el aserrado. No obstante, un ángulo de rosca demasiado bajo da como resultado una pérdida de anclaje axial con el riesgo de que el manguito se saque por tracción del polímero sobre el cable. Por otro lado, el ángulo de rosca no debería de aproximarse a un ángulo recto debido a que entonces - a pesar de que el anclaje axial será óptimo - la perla comenzará a rotar en torno al cable, dando como resultado perlas sueltas. Se han de evitar las perlas sueltas, debido a que las mismas conducen a un desgaste asimétrico de la perla.

Una forma de realización preferida particular del manguito de metal es cuando el ángulo entre el roscado interno del manguito y las hebras del cable se encuentra cerca de la perpendicular. Debido a que las fuerzas que actúan sobre el cable de acero se transfieren sobre las hebras, la fuerza de retención máxima se da cuando las nervaduras que son formadas en el roscado por el polímero son aproximadamente perpendiculares con respecto a las hebras. Por lo tanto, se prefiere que el sentido de trenzado de las hebras en el cable sea opuesto al sentido de roscado del manguito de metal. Por ejemplo, si el cable es a derechas (trenzado en 'Z'), el roscado ha de ser a izquierdas (hélice en 'S').

Además, debido a que el ángulo de cableado de las hebras se encuentra, en general, por debajo de 25° , por lo general en torno a 15° pero este también puede ser menor que ese, el ángulo de roscado ha de ser el complementario de ese ángulo. Por lo tanto, el ángulo de roscado debería ser de menos de 86° o, más preferido, de menos de 75° , pero más de 15° o más de 25° .

Preferentemente, el roscado tiene unas ranuras con unas mesetas entremedias, en donde las mesetas son más anchas que las ranuras. Esto es para evitar que el manguito se vuelva demasiado débil estructuralmente debido a la falta de material.

La ventaja de la invención de los manguitos metálicos, según se realizan por moldeo por inyección de metal, es que la superficie exterior del manguito tiene una rugosidad superficial especificada que es isotrópica. La presencia de una rugosidad superficial isotrópica es útil para la fabricación de la perla más adelante. En las perlas de sierra unidas de forma clásica - es decir, en donde un anillo abrasivo anular se suelda al manguito - la rugosidad superficial ayuda a aumentar la fuerza de unión entre el anillo abrasivo y el manguito. Cuando la capa abrasiva se aplica a través de revestimiento con láser, la reflexión especular de la luz láser se reduce y la superficie absorbe la luz, lo que conduce mejor a un calentamiento más rápido de la superficie y a la formación más rápida de un baño de masa fundida. Asimismo, se forma más rápido una capa de unión entre el material sometido a revestimiento con láser y el manguito de metal.

En primer lugar, la superficie exterior del manguito de metal ha de tener un grado mensurable de rugosidad. Si la rugosidad es demasiado baja, no habrá ventaja alguna en el uso del manguito en términos de la fuerza de unión o de la capacidad de revestir con un láser. En segundo lugar, la rugosidad ha de ser isotrópica. Se dice que una

superficie tiene una rugosidad superficial isotrópica cuando la misma presenta unas características idénticas de rugosidad con independencia de la dirección de medición.

5 El requisito de que la superficie del manguito muestre una rugosidad que sea isotrópica se puede evaluar de manera inmediata con un microscopio óptico simple. Una superficie brillante no ha de ofrecer una buena unión de soldadura o reflejar demasiado la luz láser con el fin de ser utilizable para el fin. Los manguitos de metal convencionales muestran unas ranuras circulares sobre la superficie exterior debido al mecanizado en un torno a medida que se voltea, se rectifica o se cepilla la superficie. Por lo tanto, estos muestran una rugosidad superficial anisotrópica.

10 A pesar de que el requisito de tener una 'estructura superficial isotrópica' se puede verificar con facilidad bajo un microscopio, también existe la posibilidad de cuantificar esta según la norma ISO 25178-2:2012(E) en una medición de rugosidad superficial en 3D.

15 La 'media aritmética de altura S_a ' es la medida de la rugosidad en la dirección perpendicular con respecto a la superficie de referencia (que se denomina el sentido Z) y se define como (4.1.7 de la norma ISO 25178-2):

$$S_a = \frac{1}{A} \iint_A |z(x,y)| dx dy$$

20 a lo largo del área de definición A. $z(x, y)$ es el valor de la ordenada medido en la posición (x, y) en relación con la superficie de referencia que, en este caso, es una superficie de cilindro que se ha sometido a un ajuste de mínimos cuadrados a los puntos medidos. Son posibles otras medidas de rugosidad - tales como la 'media cuadrática de altura' - pero no se consideran en el presente caso.

25 Los inventores de la presente invención han hallado que la 'media aritmética de altura S_a ' ha de ser de al menos $0,8 \mu\text{m}$.

Una medida para cuantificar el grado de anisotropía en la rugosidad superficial es el 'factor de forma de textura S_{tr} '. Este se determina por medio de la 'función de autocorrelación f_{ACF} ' (3.2.8 de la norma ISO 25178) que, a lo largo del área de definición 'A', se puede definir como:

30

$$f_{ACF}(\tau_x, \tau_y) = \frac{\iint_A z(x,y)z(x - \tau_x, y - \tau_y) dx dy}{\iint_A z^2(x,y) dx dy}$$

La función presenta un pico en $(0, 0)$ en donde la misma es '1'. Cuando se realiza una sección transversal en $f_{ACF}(\tau_x, \tau_y) = s$, s estando ajustados convencionalmente a 0,2, la zona central en torno al origen mostrará la dirección de la descomposición más rápida en donde la distancia $\sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$ es mínima e igual a R_{min} y la dirección de la descomposición más lenta en donde la distancia es máxima e igual a $R_{máx}$. Entonces, el 'factor de forma de textura S_{tr} ' se define como (4.2.2 de la norma ISO 25178) $R_{min} / R_{máx}$. Una superficie isotrópica tendrá una S_{tr} cercana a la unidad.

40 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se reivindica un método para producir un manguito de metal para su uso como un soporte de una capa abrasiva de una perla de sierra, tal como se define por la reivindicación 1. Algunas características de la invención y específicas adicionales se añaden al método en las reivindicaciones de método dependientes.

45 El manguito de metal presenta la geometría que se ha descrito y al menos tiene una pared interior axial con una parte media axial y unas aberturas biseladas en cada extremo. Básicamente, el método es un moldeo por inyección de metal que comprende las etapas conocidas de moldeo por inyección de una mezcla de polvo de metal y aglutinante en la cavidad de un molde, formando de ese modo un 'manguito en verde'.

50 La cavidad de molde se diseña en concreto para producir manguitos de metal para su uso como un soporte de una capa abrasiva de una perla de sierra. La cavidad de molde se forma mediante una camisa exterior que tiene una superficie interior delimitada por una superficie de revolución. Por ejemplo, esta puede ser la superficie cilíndrica que se obtiene mediante la rotación de una línea paralela con respecto al eje del manguito en torno al manguito. Como alternativa, si esa línea es oblicua con respecto al eje pero no lo cruza, la superficie que se forme será un hiperboloide de una hoja. El valle circular en el medio puede servir para recibir la capa abrasiva durante el revestimiento con láser.

55 Debido a que los rebordes del manguito se pueden volver delgados debido a las aberturas biseladas en cada extremo, los rebordes se pueden dotar de un material exterior adicional para resistir los impactos durante el uso. A

pesar de que tales rebordes hacen que sea imposible deslizar un anillo abrasivo anular (al igual que en la ruta de pulvimetalurgia existente) sobre el manguito, esto no es un problema para una perla sometida a revestimiento con láser. De forma ventajosa, tal extremo de reborde saliente puede ayudar como un indicador para el desgaste de la perla.

5 Como alternativa, se pueden proporcionar unas protuberancias circunferenciales en cada extremo de la cavidad que formarán unos rebajes en el extremo del manguito de metal acabado. Estos rebajes pueden recibir material de polímero y proporcionar un anclaje adicional. De forma ventajosa, estos rebajes se obtienen sin coste adicional alguno.

10 En una forma de realización preferida particular, la superficie interior de la camisa exterior se puede texturar para imprimir una rugosidad sobre la superficie exterior del manguito de metal. Esta es una forma alternativa de obtener una rugosidad suficiente.

15 En las últimas tres formas de realización, la camisa exterior se ha de realizar de dos mitades que se pueden separar sobre un plano que comprende el eje de la cavidad de molde con el fin de retirar el manguito en verde del molde.

20 Un primer y un segundo pasador se introducen y se extraen desde cada lado de la camisa exterior. Cuando se han introducido, el primer y el segundo pasador coinciden entre sí a medio camino de la cavidad de molde y, al mismo tiempo, cierran la cavidad de molde. El primer y el segundo pasador definen la superficie interior del manguito de metal. El primer y el segundo pasador se ahúsan hacia su punto de coincidencia. Estos se pueden extraer en sentido axial con o sin un movimiento de rotación pequeño. En una etapa adicional opcional, el manguito en verde formado de este modo se enrosca internamente antes de convertirlo en un manguito en marrón. Debido a que el manguito en verde sigue siendo muy blando, esto se puede realizar muy fácilmente.

25 En una forma de realización preferida alternativa, el primer y el segundo pasador muestran una rosca saliente. El sentido de la rosca es igual tanto para el primer como para el segundo pasadores. Preferiblemente, la hélice que está formada por la parte de arriba de la rosca tiene un radio constante. El paso de la rosca es de tal modo que el ángulo de la hélice de la rosca con respecto a su eje es de menos de 86°. Durante la apertura del molde, los pasadores se retiran de forma rotatoria del manguito en verde de tal modo que la pared interior axial no experimenta daño. Cuando la retirada rotatoria se realiza mientras que el manguito sigue estando caliente después de la inyección, el aglutinante blando ayuda a desenroscar los pasadores debido a que el mismo actúa como un lubricante.

30 Preferentemente, el molde tiene de 4 a 12 cavidades individuales. Esto debería ser suficiente para realizar series de más de un millón de piezas de forma económica. Las compuertas para inyectar la materia prima caliente en la cavidad de molde se pueden proporcionar en la superficie exterior de la camisa exterior. Como alternativa, las compuertas se pueden situar en la base del primer o el segundo pasadores. Esto puede ser algo mejor, debido a que evita defectos en la superficie exterior del manguito. La ventilación se puede realizar por medio de unos rebajes de ventilación en el reborde de cierre entre el primer o el segundo pasador y la camisa exterior.

35 De forma ventajosa, no se necesita mecanizado adicional alguno para realizar el roscado interno del manguito en comparación con los manguitos de la técnica anterior. Es suficiente si se retira uno de los pasadores mediante una retirada rotatoria. Por ejemplo, el ciclo de liberación puede ser como este:

40 A. El primer pasador se retira mediante una retirada rotatoria fuera del manguito en verde;
 B. Las dos mitades del molde exterior se abren;
 C. El segundo pasador se desenrosca del manguito.

50 Como alternativa, también se puede seguir el orden A, a continuación C, a continuación B. El manguito en verde se libera de su aglutinante de acuerdo con uno de los métodos conocidos que se describen en el párrafo [0015], dando como resultado un 'manguito en marrón'. Por último, este último se sinteriza para dar el producto final.

55 El manguito resultante es muy conveniente para realizar una perla de sierra por medio de revestimiento con láser. En este método de producción, se deposita una capa abrasiva sobre el manguito de metal mediante la fusión de un polvo de matriz de metal (que se alimenta por medio de un flujo de gas o por medio de alimentación de hilo) sobre el manguito de metal por medio de un láser de alta energía. Al mismo tiempo, se introducen materiales abrasivos en el baño de metal fundido. Un método de producción de ese tipo se describe ampliamente en los párrafos [26] a [48] del documento WO 2012/119946. A pesar de que en la capa abrasiva se pueden obtener, por medio de revestimiento con láser, diferentes estructuras metalográficas - tales como celulares, estratificadas o dendríticas - los inventores de la presente invención consideran la estructura dendrítica como la más apropiada. El manguito de metal de acuerdo con la invención es particularmente conveniente para el revestimiento con láser debido a que la rugosidad isotrópica del manguito evita la reflexión especular del haz de láser, mejorando de ese modo el acoplamiento de la energía de la luz láser en el material de manguito. Los manguitos de la técnica anterior o bien son demasiado brillantes y / o bien tienen una rugosidad anisotrópica en sentido circular que no elimina lo suficiente la reflexión especular.

Los inventores de la presente invención han hallado que, con el fin de permitir una entrada suficiente de polímero en la perla de sierra cuando se sella el cable de sierra con polímero, ha de haber un espacio libre suficiente entre el cable y la pared interior axial del manguito. El diámetro interior mínimo del manguito de metal ha de ser de entre un 2 y un 8 %, más preferiblemente de entre un 3 y un 6 % más grande que el diámetro del cable de acero. Se ha observado que un espacio libre por debajo de un 2 % da como resultado un comportamiento frente a fatiga inferior para el cable de acero. Por otro lado, cuando el espacio libre es más alto que un 8 %, el diámetro global del manguito se vuelve demasiado grande, lo que conduce a un diámetro de perla de sierra aumentado.

La presencia de un roscado interno ayuda adicionalmente a la entrada de polímero durante la inyección de polímero. Preferiblemente, se usa para este fin el molde de inyección tal como se describe en el documento WO 2013/102542 A1 por el solicitante de la presente solicitud. El molde asegura un moldeo centrado del cable de acero y una penetración buena del polímero bajo los manguitos.

Adicionalmente, cuando el roscado interno es aproximadamente perpendicular con respecto a las hebras del cable de acero, la transferencia de fuerza desde la hebra al manguito de metal será óptima durante el aserrado. Por lo tanto, se prefiere en consecuencia que el sentido de la rosca interna del manguito sea opuesto al sentido de trenzado del cable de acero.

Breve descripción de las figuras en los dibujos

La figura 1 describe la geometría del manguito de metal.

La figura 2 son unas mediciones de rugosidad superficial de diferentes tipos de manguitos.

La figura 3a y 3b es un primer método preferido para fabricar el manguito de metal de acuerdo con la invención.

La figura 4a y 4b es un segundo método preferido para fabricar el manguito de metal de acuerdo con la invención.

La figura 5a y 5b muestra la superficie de un manguito de metal convencional y un manguito de metal de la invención.

La figura 6 muestra de forma esquemática la disposición del banco de prueba de fatiga.

Modo o modos para llevar a cabo la invención

La figura 1 muestra una sección transversal del manguito de la invención. El manguito tiene una longitud global 'L' y un diámetro exterior 'D'. Este tiene una pared interior axial con una parte media axial con un diámetro mínimo 'd_{min}' y una longitud 'l'. Las aberturas en cada extremo están biseladas y muestran un radio de curvatura de 'R'. La parte media es un cilindro coaxial con el eje del manguito. En este caso, el biselado tiene forma de trompeta con un radio de curvatura constante. Cuando se encuentra presente un roscado, este tiene un determinado ángulo de paso que se indica mediante 'α'.

Se realizaron cinco manguitos de prueba (que se identifican con S3,6 / 'l') de las siguientes dimensiones:

- 'L' = 11 mm
- 'D' = 4,98 mm
- 'd_{min}' = 3,6 mm
- 'l' = 0 (S3,6 / 0), 3 (S3,6 / 3), 5 (S3,6 / 5), 7 (S3,6 / 7) y 11 mm S3,6 / 11) (es decir, $l = 0 \times L$, $0,272 \times L$, $0,454 \times L$, $0,636 \times L$ y $1 \times L$)
- 'R' es, para los diseños respectivos, de 36,22 mm (S3,6 / 0), de 19,26 mm (S3,6 / 3), de 10,92 mm (S3,6 / 5), de 4,97 mm (S3,6 / 7) y de 0 mm (S3,6 / 11)

No se proporcionó roscado alguno para someter a prueba la influencia de los parámetros de forma. En cualquier caso, el espesor del reborde de manguito en ambos extremos se mantuvo constante a 0,27 mm con el fin de no tener problemas de resistencia en el extremo.

Por lo tanto, un manguito con 'l = 0' no mostrará una parte interior cilíndrica, sino solo una curvatura constante de radio 36,22 mm. En el otro extremo 'l = 1 × L', la parte cilíndrica se extiende de un extremo al otro y no se encuentra presente biselado alguno. En el diseño intermedio con 'l = 3 mm', el biselado muestra un radio de curvatura constante de 19,26 mm.

Los manguitos se sometieron a un banco de prueba de fatiga 600 tal como se describe de forma esquemática en la figura 6. Un cable de acero 604 de tipo 7 x 7 con un diámetro de 3,5 mm se mantiene tenso entre los portabrocas rotatorios 602, 602'. La fuerza de tensión 'F' sobre el cable se mantiene constante a 2000 N (que es aproximadamente la tensión de trabajo normal de un cable de sierra). Los ejes de los portabrocas 602, 602' se montan con un ángulo pequeño 610 de 12°. En el medio de los portabrocas, un manguito sometido a prueba 606 se monta en un portamanguito rotatorio 608. El cable sale, en cada extremo del portamanguito, a 6° en relación con el eje rotatorio del portamanguito 608. El cable con manguito se embebe en poliuretano antes de la prueba. El cable se hace rotar a 400 rpm. Se registra el número de revoluciones hasta la rotura del cable durante al menos cinco repeticiones. A continuación de lo anterior se monta otro manguito sometido a prueba.

Se obtuvieron los siguientes resultados (la tabla I):

Tabla I

Manguito	Ciclos promedio	Desviación típica
S3,6 / 0	128023	54856
S3,6 / 3	208302	95748
S3,6 / 5	233462	74899
S3,6 / 7	155649	39952
S3,6 / 11	140573	3360

5 Los mejores resultados se obtienen con un manguito que tiene una longitud de parte media axial cilíndrica 'l' entre $0,25 \times L$ y $0,75 \times L$ y un radio de curvatura entre 10 y 20 mm. En lo que sigue se seleccionó el diseño de manguito S3,6 / 5.

10 Los manguitos con la geometría anterior se pueden realizar por moldeo por inyección de metal tal como se describe en las figuras 3a y 3b. Ahí se realiza un molde cilíndrico 310 a partir de dos semimoldes 312, 312' que se pueden unir en un plano que comprende el eje del manguito. Cuando se unen, los dos semimoldes 312, 312' forman una camisa exterior en la que la superficie interior muestra una superficie de revolución con el eje del manguito como el eje de revolución. El primer y el segundo pasadores de metal 314 y 314' se pueden insertar desde cada extremo de la camisa exterior. Los pasadores tienen unos extremos coincidentes en 318, 318' que se unen cuando se insertan en la camisa exterior. La superficie interior de la camisa exterior está dotada de un reborde anular 330 para llenarse con poliuretano cuando se realiza el cable de sierra para prever un mejor sellado entre el poliuretano y el manguito.

15 La materia prima 320 se inyecta a una presión alta por medio de un émbolo roscado de inyección convencional a través del orificio de descarga 316, mientras que el orificio de ventilación 316' prevé el escape de aire y la materia prima superflua. La cavidad interna del molde se llena en un plazo de milisegundos. A continuación de lo anterior, el molde se abre y se obtiene un manguito en verde. Debido a que, en la presente forma de realización, el primer y el segundo pasadores 314, 314' se ahúsan hacia el medio y son lisos, los pasadores se pueden retirar en sentido axial del molde. Después de la apertura de los dos semimoldes 312, 312', se obtiene un 'manguito en verde' 322. Este manguito en verde se puede enroscar con facilidad internamente debido a que el mismo sigue siendo muy blando y es fácilmente deformable.

20 Un diseño alternativo del molde 410 se muestra en la figura 4a. De nuevo, se forma una cavidad de molde por medio de una camisa exterior que se realiza de dos semimoldes 412, 412'. Tanto el primer como el segundo pasador 414, 414' muestran una rosca saliente 424, en este caso en el sentido 'S'. De nuevo, se proporcionan el orificio de descarga 416 y el orificio de ventilación 416'. Se prefiere la inyección en dirección axial de la materia prima, debido a que la misma no ocasiona defecto alguno en la superficie exterior del manguito. El manguito en verde 422 se libera a continuación al desenroscar el primer y el segundo pasadores 414, 414' de la camisa exterior, antes de abrir los dos semimoldes 412, 412'. En el presente caso, es importante que del desenroscado se realice mientras el manguito en verde sigue estando caliente con el fin de evitar el agarrotamiento de los pasadores en el manguito en verde y de evitar la degradación del roscado.

25 Una característica adicional de la invención es que los semimoldes 412, 412' también se dotan de un rebaje circular 413, 413' en cada extremo de la cavidad de molde. Después de la inyección, esto da como resultado que se encuentre presente un material adicional 426, 426' en el reborde en cada extremo del manguito. Este material adicional 426 refuerza el manguito y hace que tenga una mejor resistencia a los impactos a la entrada en la pieza de trabajo. Los rebajes 413, 413' en el presente caso tienen una sección transversal semicircular, pero estos pueden tener, por supuesto, cualquier sección transversal tal como rectangular o triangular.

30 A pesar de que el presente método es un poco más complicado, el mismo prevé un roscado interno del manguito. A diferencia de una rosca de tornillo métrica normalizada según las normas ISO (véase la norma ISO 68-1), este roscado muestra unas mesetas entremedias de la rosca. Esto es para mantener el manguito lo bastante resistente, al tiempo que se sigue teniendo una entrada suficiente de material. En este caso, se eligió un roscado interno que forma un ángulo de 85° con el eje del manguito. Se sometieron a prueba los siguientes materiales de materia prima:

35 Materia prima disponible de PolyMIM®

- Composición nominal de aleación de MIM 2200 FN02:

40 Ni (de un 1,5 a un 2,5 % en peso), Mo (un 0,5 % en peso como máximo), Si (un 1,0 % en peso como máximo), C (un 0,1 % en peso como máximo), Fe (el resto).

- Composición nominal de aleación de MIM 2200 FN08:

Ni (de un 6,5 a un 8,5 % en peso), Mo (un 0,5 % en peso como máximo), Si (un 1,0 % en peso como máximo), C (un 0,4 - 0,6 % en peso), Fe (el resto).

- Composición nominal de aleación de MIM 17-4 PH:

Cr (un 15 - 17,5 % en peso), Ni (un 3,0 - 5,0 % en peso), Mn (un 1,0 % como máximo), Si (un 1,0 % en peso como máximo), Cu (un 3,0 a 5,0 % en peso), C (un 0,07 % como máximo), Fe (el resto).

El sistema de PolyMIM prevé una eliminación de aglutinante a base de agua del manguito en verde (agua desmineralizada a 40 - 60 °C durante aproximadamente 5 horas, más 2 horas de secado). En el sistema de PolyMIM, el molde se mantiene de 40 a 60 °C, la temperatura de la materia prima en la boquilla a 190 °C mientras que es necesaria una presión de inyección de entre 750 y 950. La tasa de alimentación es de entre 3 y 25 cm³/s.

Materia prima de acuerdo con el sistema Catamold® de BASF (véase, por ejemplo, el documento US5802437):

- Composición nominal de aleación de acero inoxidable 316L:

Cr (un 16 - 18 % en peso), Ni (un 10 - 14 % en peso), Mo (un 2 - 3 % en peso), Mn (un 2,0 % como máximo), Si (un 1,0 % como máximo), C (un 0,03 % como mínimo), Fe (el resto).

El sistema Catamold® se basa en la eliminación de aglutinante catalítica a 110 °C en un entorno de HNO₃ (se requiere postcombustión).

Los ciclos de sinterización son dictados por el proveedor de la materia prima. Por lo general, estos incluyen una etapa de retención durante aproximadamente 1 a 2 horas a 600 °C y una etapa de retención de 2 a 3 horas a la temperatura final (de 1290 °C a 1380 °C, dependiendo de la aleación). Los manguitos sinterizados mostraron una buena densidad de más de un 95 % de la densidad teóricamente posible. En una sección transversal metalográfica, siguen siendo visibles unos poros de tamaño micrométrico (de 1 a 5 µm). Esto es una prueba de que los manguitos se han realizado por moldeo por inyección de metal.

Se realizó una medición de rugosidad en 3D con un Microscopio Láser de Medición en 3D OLS4000 de Olympus® sobre manguitos convencionales y manguitos que se realizan por inyección de metal. Se midió el parámetro S_a 'media aritmética de altura de superficie'. Los resultados se resumen en la figura 2. Las muestras C1, C2 y C3 se realizan de la forma convencional. Las muestras 11 y 12 se realizaron por moldeo por inyección de metal. La muestra 11 era una muestra de acero inoxidable 316L que se realizó mediante la ruta de Catamold®, mientras que la muestra 12 se realizó de MIM 17-4 PH que se obtiene por medio de la ruta de PolyMIM. Hay una diferencia notable en cuanto a la rugosidad entre ambas muestras: las muestras de tipo MIM muestran claramente una rugosidad más alta que la de las muestras convencionales.

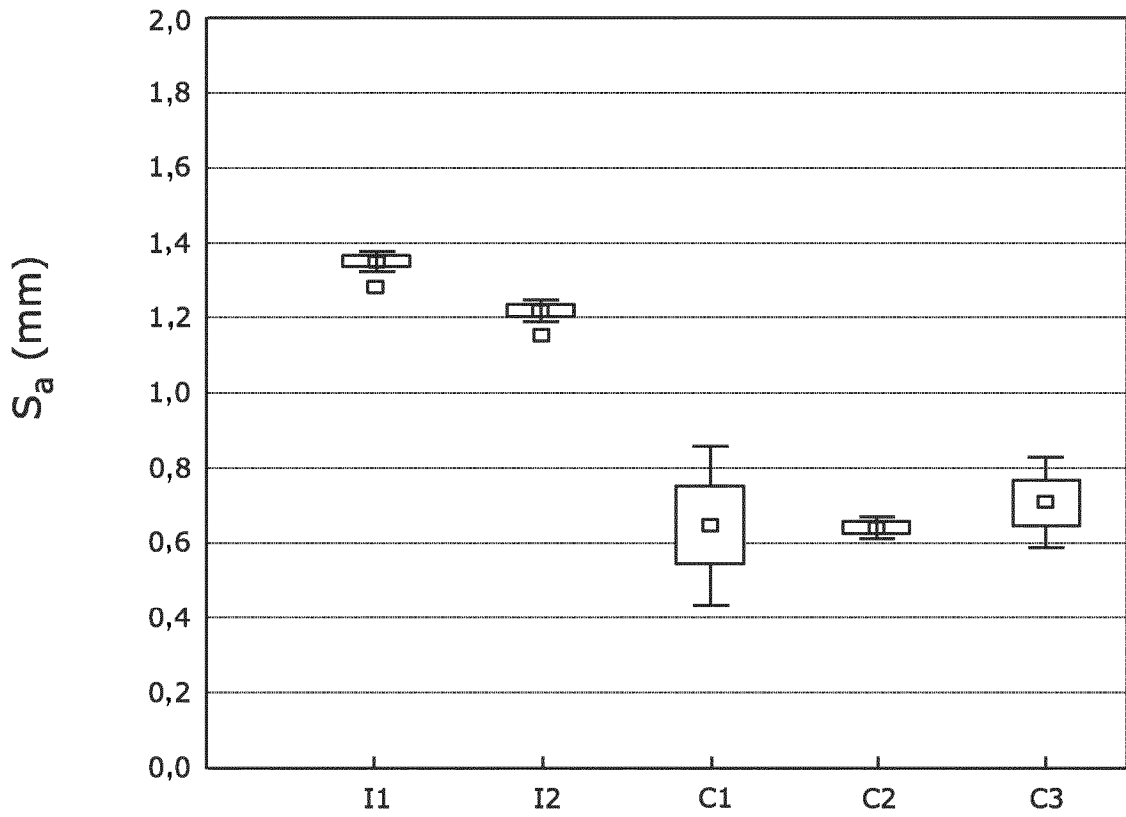
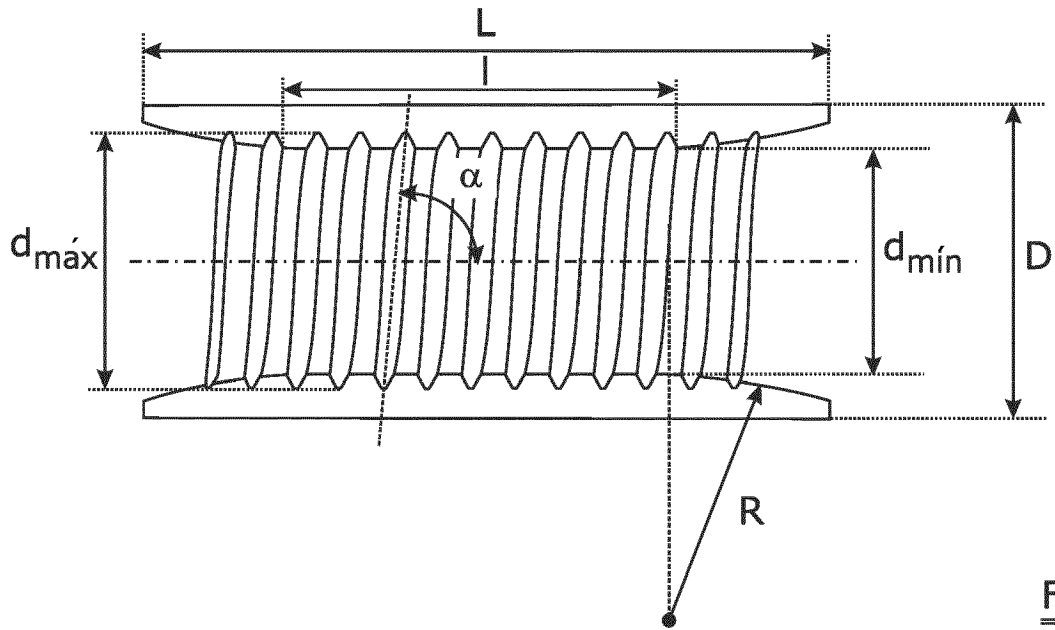
Unas imágenes de microscopio electrónico de barrido (las figuras 5a y 5b) muestran claramente una topografía diferente entre el método convencional (la figura 5a) y el método de la invención (la figura 5b) para realizar los manguitos. Los manguitos convencionales muestran las trazas del mecanizado en la dirección perpendicular con respecto al eje del manguito, dando como resultado una anisotropía clara. La muestra de la invención (la figura 5b) muestra una estructura superficial isotrópica de tipo embaldosado. Obsérvese que se ha potenciado el contraste de las imágenes para resaltar las diferencias.

Una prueba de revestimiento con láser preliminar mostró que los manguitos de la invención necesitan de un 10 a un 20 % menos de potencia de láser para comenzar el revestimiento en comparación con los manguitos mecanizados convencionales. Los inventores de la presente invención atribuyen esta reducción a la rugosidad superficial aumentada, lo que conduce a una reflexión especular menor del haz de láser y, por lo tanto, un mejor acoplamiento de la energía láser.

Los manguitos de tipo S36 / 5 que se realizan de FN02 se usaron con éxito para producir perlas de sierra por medio de revestimiento con láser. Los manguitos se usaron sobre un cable de tipo 7 x 7 de diámetro 3,5. Las hebras exteriores en este cable se trenzaron en el sentido 'Z' opuesto al roscado 'en S' en el interior del manguito.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un manguito de metal para su uso como un soporte de una capa abrasiva de una perla de sierra, teniendo dicho manguito una pared interior axial con una parte media axial y unas aberturas biseladas en cada extremo, dicho método es por moldeo por inyección de metal de una mezcla de polvo de metal y aglutinante en un molde (310, 410) que tiene una cavidad de molde, formando de ese modo un manguito en verde que posteriormente se libera de su aglutinante y se sinteriza para dar la forma final caracterizado por que
 5 dicha cavidad de molde se forma mediante una camisa exterior (312, 312', 412, 412') que tiene una superficie interior delimitada por una superficie de revolución y un primer (314, 414) y un segundo pasador (314', 414') que se pueden introducir y retirar desde los extremos opuestos de dicha camisa exterior, cerrando o abriendo de ese modo dicha cavidad de molde, coincidiendo dicho primer y dicho segundo pasador entre sí a medio camino de dicha cavidad de molde, dichos pasadores (314, 414, 314', 414') se ahúsan hacia su punto de coincidencia.
- 15 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho primer (414) y dicho segundo (414') pasador tienen una rosca saliente (424), dicho primer y / o dicho segundo pasador se retira de forma rotatoria de dicho manguito en verde (422).
- 20 3. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que dicha camisa exterior se realiza de dos semimoldes (312, 312', 412, 412') separables sobre un plano que comprende el eje de dicha cavidad de molde.
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha superficie interior de dicha camisa exterior está texturada.
- 30 5. El método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que dichos semimoldes (414, 414') están dotados de unos rebajes circulares (413, 413') en cada extremo de dicha cavidad de molde.
- 35 6. El método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que dichos semimoldes (314, 314') están dotados de unas protuberancias circunferenciales (330) en cada extremo de dicha cavidad de molde.
- 40 7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que el paso de dicha rosca saliente es de tal modo que el ángulo (α) de la hélice de la rosca con respecto al eje de dicha cavidad de molde es de menos de 86° .
- 45 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho polvo de metal tiene una mediana de tamaño de partícula, dicha mediana de tamaño de partícula es de entre $2\ \mu\text{m}$ y $50\ \mu\text{m}$.
- 50 9. Un manguito de metal que se puede obtener mediante el método de acuerdo con la reivindicación 8 para su uso como un soporte de una capa abrasiva de una perla de sierra, teniendo dicho manguito una pared interior axial con una parte media axial y unas aberturas biseladas en cada extremo, caracterizado por que la superficie exterior de dicho manguito tiene una rugosidad superficial isotrópica con una media aritmética de altura S_a de al menos $0,8\ \mu\text{m}$.
- 55 10. El manguito de metal de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicha pared interior axial tiene un roscado interno que es lo más profundo en la parte media de la pared interior axial y es menos profundo en las aberturas biseladas y en el que dicho roscado interno forma un ángulo de menos de 86° con el eje de dicha pared interior.
- 60 11. El manguito de metal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que dicho manguito se realiza de un acero que comprende carbono en una cantidad de menos de un 0,8 % en peso, una cantidad de silicio que es de menos de un 0,5 % en peso, y uno o más de los metales de entre el grupo de níquel, manganeso, silicio, molibdeno, cromo, cobre, siendo el resto hierro.
- 65 12. El manguito de metal de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho acero es acero de hierro y níquel.
13. Una perla de sierra que comprende una capa abrasiva sobre un manguito de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en la que dicha capa abrasiva muestra una microestructura metalográfica dendrítica obtenida por revestimiento con láser.
14. Un cable de sierra que comprende un cable de acero de diámetro 'dc', varias perlas de sierra de acuerdo con la reivindicación 13 ensartadas en el mismo, teniendo dichas perlas de sierra un manguito con un diámetro interior mínimo de entre $1,02 \times dc$ y $1,08 \times dc$ y en el que dicho roscado interno de dicho manguito tiene un sentido de rosca que es opuesto al sentido de trenzado de dicho cable de acero.



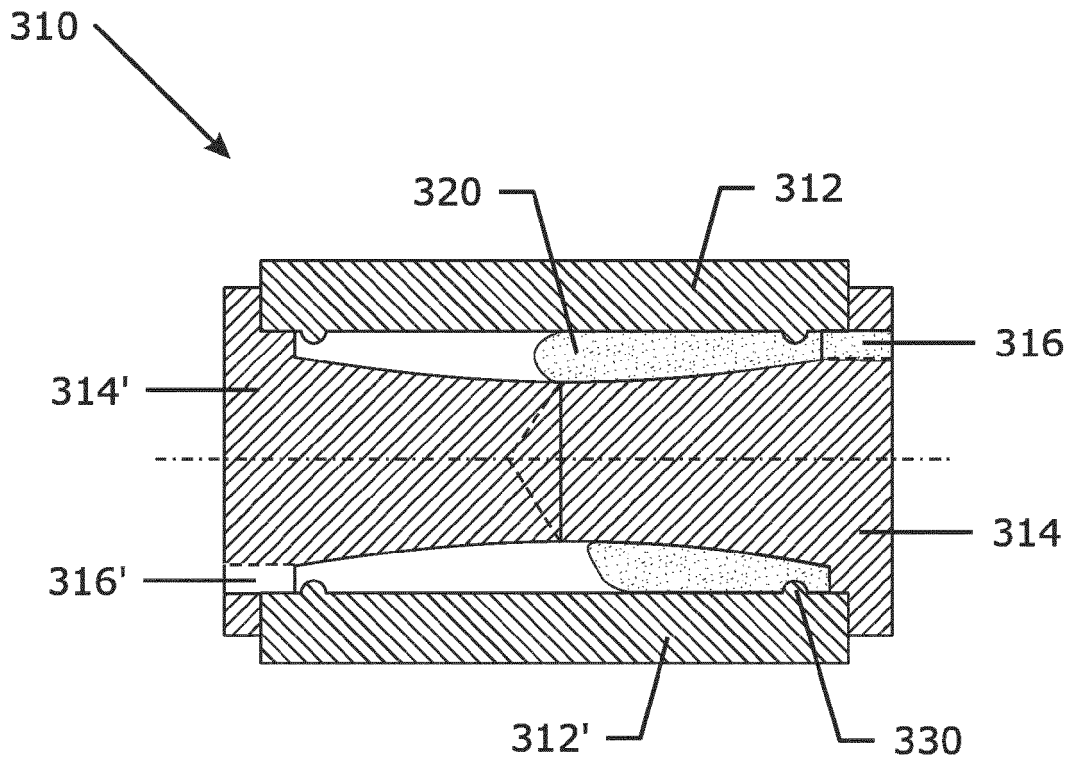


Fig. 3a

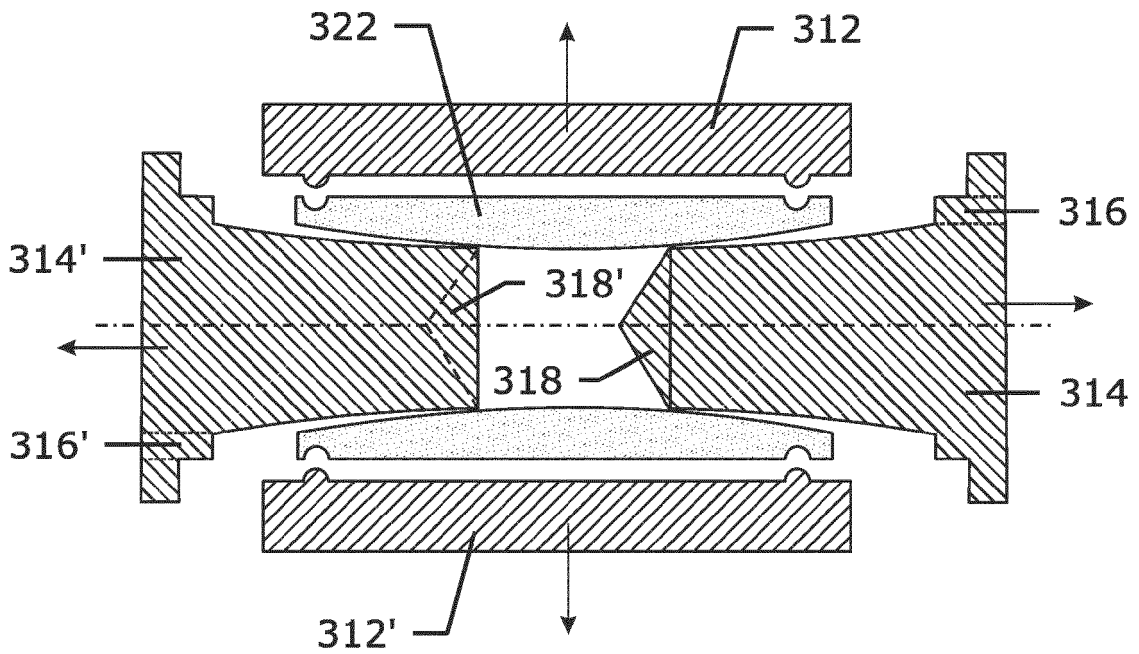


Fig. 3b

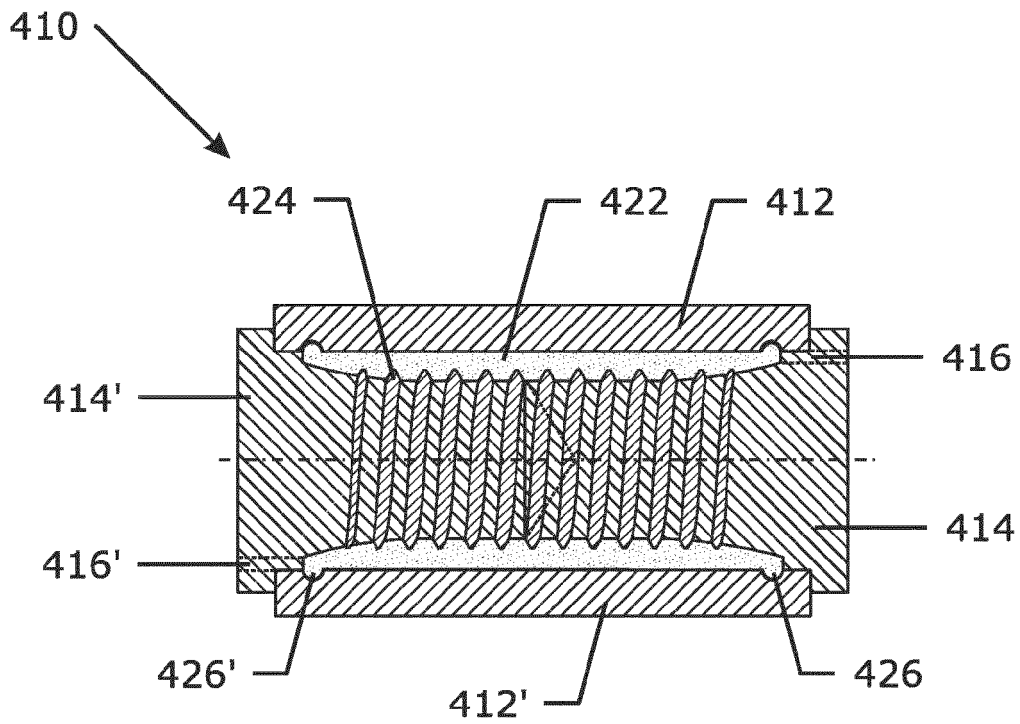


Fig. 4a

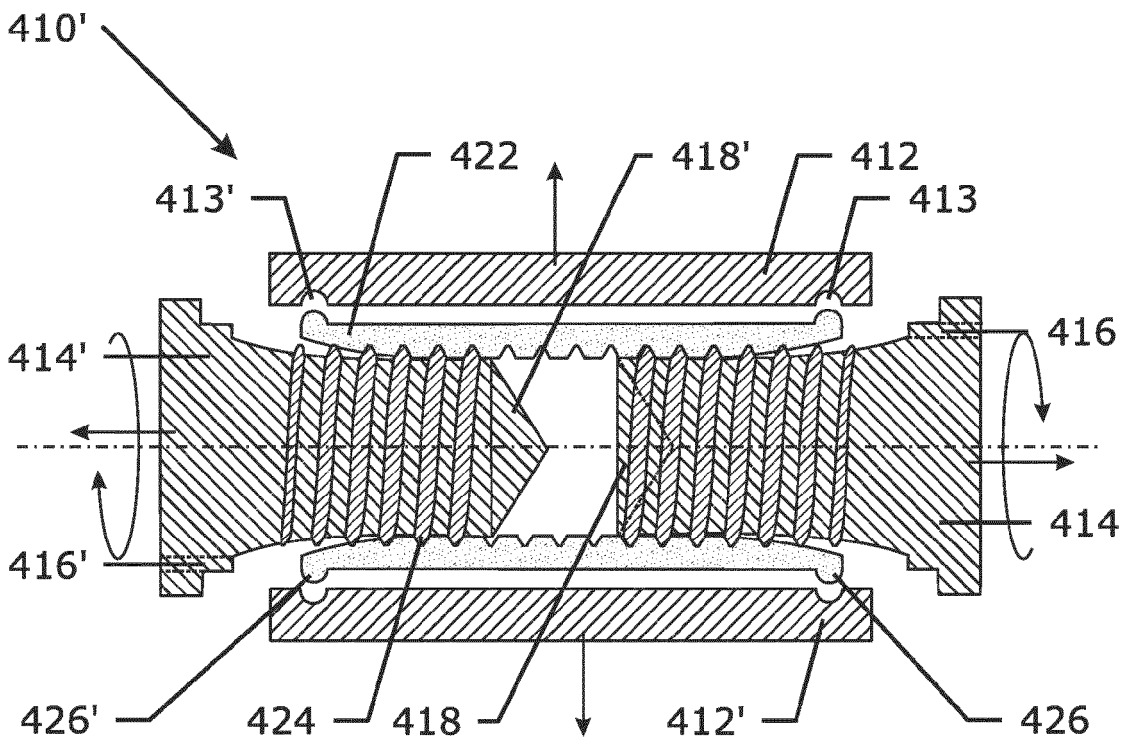


Fig. 4b

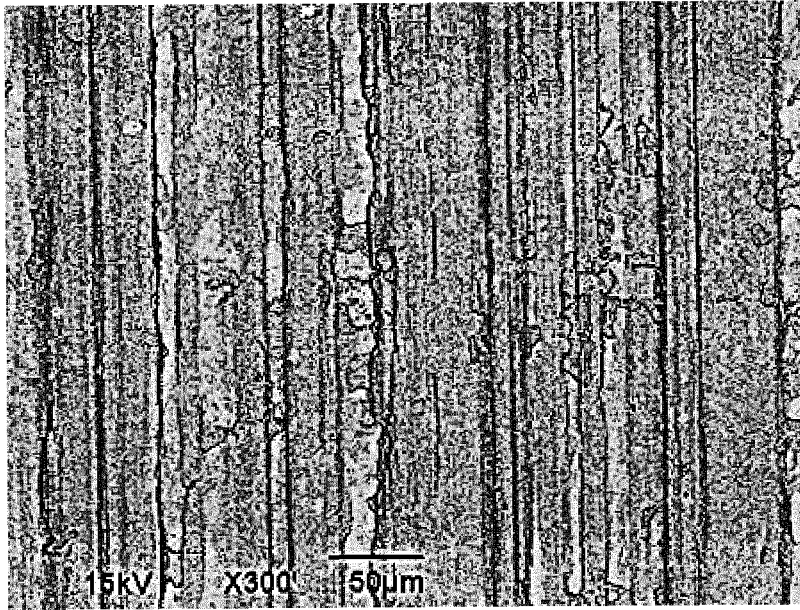


Fig. 5a

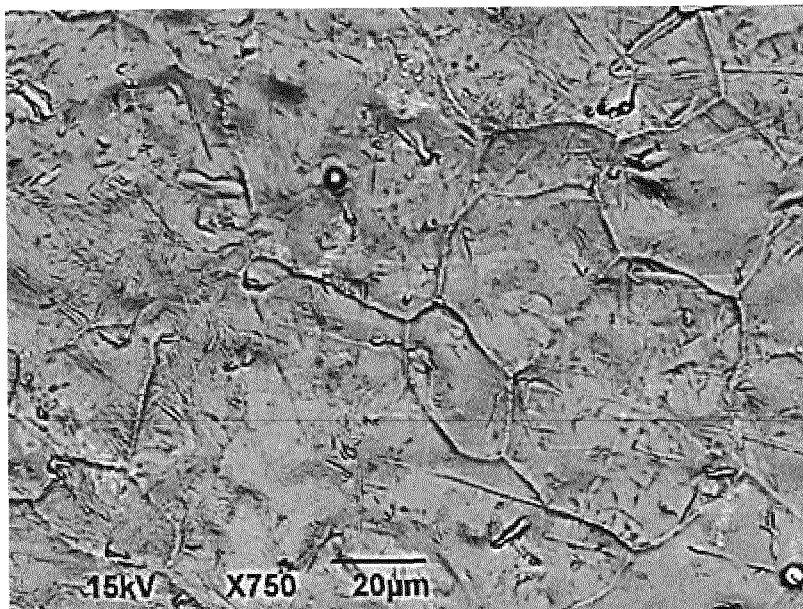


Fig. 5b

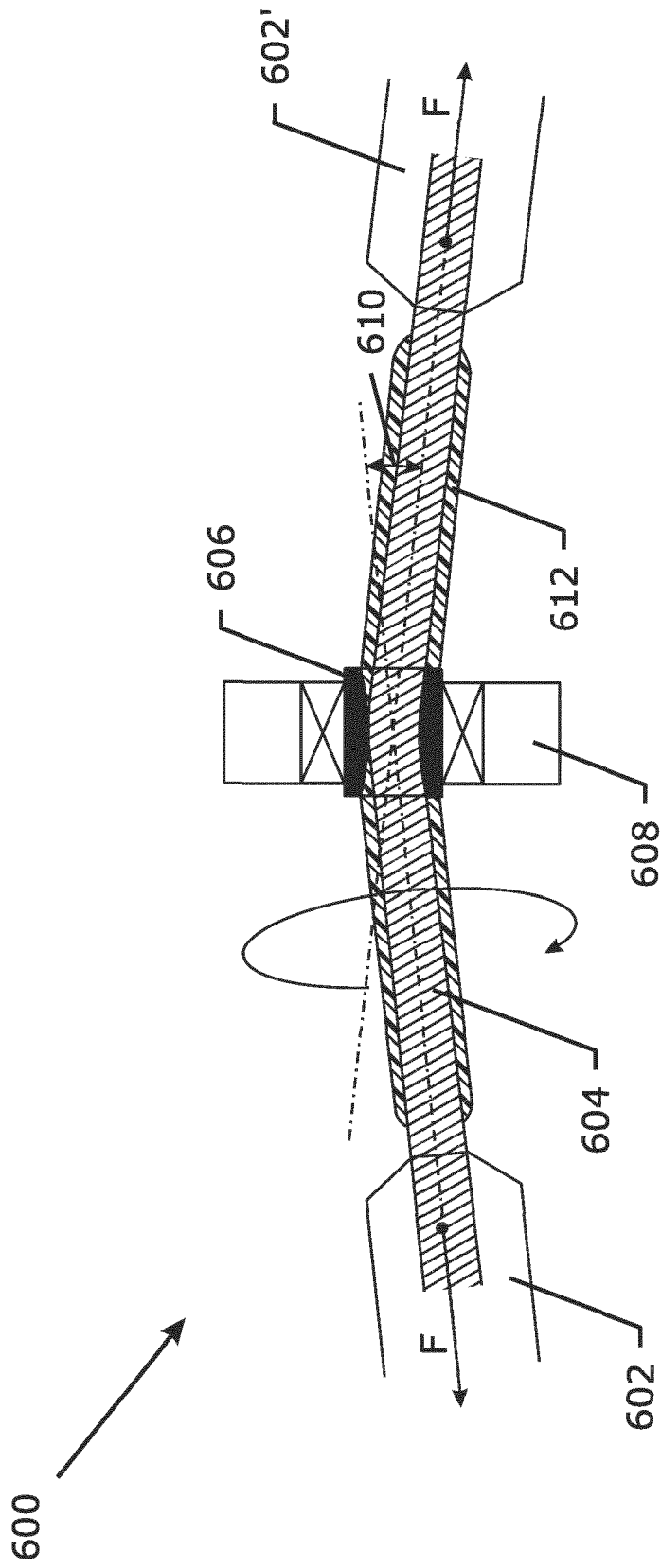


Fig. 6