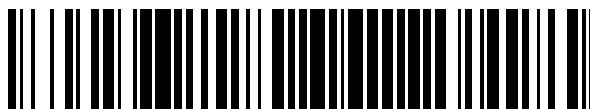


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 907**

51 Int. Cl.:

B23D 61/18 (2006.01)

B28D 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2010** **PCT/EP2010/067527**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2011** **WO11061166**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2010** **E 10776374 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 2501513**

54 Título: **Cuerda de sierra**

30 Prioridad:

17.11.2009 EP 09176164

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

12.03.2020

73 Titular/es:

NV BEKAERT SA (100.0%)

Bekaertstraat 2

8550 Zwevegem, BE

72 Inventor/es:

BAEKELANDT, TOM;

GROENEN, ROLAND;

VAN DER LINDEN, STEVEN y

PERSOONE, PETER

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 747 907 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

Cuerda de sierra

5 Campo técnico

La invención se refiere a una cuerda de sierra de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, de la que se divulga un ejemplo en el documento JP 7 068533 A, que se usa para cortar materiales duros y quebradizos. Más específicamente, la cuerda de sierra es útil para cortar piedra natural (como piedra caliza, mármol, travertino, granito,...) pero también para cortar materiales artificiales como hormigón, vidrio o materiales cerámicos.

Antecedentes de la técnica

La idea de unir la resistencia a la abrasión de la arena de diamante con la flexibilidad de una cuerda de alambre para hacer una cuerda de sierra flexible se remonta a los años cincuenta del siglo anterior. Algunas patentes innovadoras fueron, sin pretender ser completas, las patentes GB 759 505, US 2 679 839, US 2 773 495. La tecnología se basó en el diseño básico en el que una cuerda de alambre multifilamento está enhebrada con "cuentas" en las que se impregna arena de diamante. Las cuentas se separan por medio de espaciadores que pueden ser resortes de acero o manguitos de polímero o una combinación de ambos. A partir de la década de 1970, la cuerda de sierra de diamante reemplazó al alambre de sierra abrasivo suelto en el que alambres o hilos de acero de varias formas y formaban una suspensión de agua arrastrada con un abrasivo. Dicha tecnología estaba en uso para la extracción de bloques en canteras. Aunque las cuerdas de alambre de diamante seguían necesitando un refrigerante, se eliminó el engorroso suministro de abrasivo (como arena o granalla de acero) y se logró una velocidad de serrado y un tiempo de uso mucho mayores para la cuerda.

Las cuerdas de sierra han encontrado diferentes usos:

- Pueden usarse en máquinas estacionarias para serrar grandes bloques de piedras naturales en losas para su uso en la industria de la construcción. Si bien inicialmente las máquinas estaban equipadas con una sola cuerda para serrar, hoy en día las sierras de alambres múltiples están en aumento, donde en una sola pasada se sierra un bloque completo en losas mediante múltiples cuerdas de sierra que discurren paralelas en poleas acanaladas. En el mercado existen sierras de alambre con hasta 52 alambres.
- Pueden usarse en máquinas de serrar móviles para extraer bloques de piedra natural de una cantera. Una sola cuerda conducida a través de un orificio vertical y horizontal se cierra en un bucle, tensada por una máquina de serrar que avanza en las orugas. La cuerda se acorta regularmente a medida que se corta el bloque.
- Otros diversos usos industriales pesados tales como
 - o el serrado de pilares de hormigón armado con barras de acero, y
 - o la segmentación de embarcaciones hundidas para eliminar los restos en pedazos, o
 - o el corte de los pilares en los que se montan las plataformas de perforación de petróleo en alta mar cuando se van a retirar al final de su ciclo de vida

todos se realizan con éxito con cuerdas de sierra

Ha surgido una variedad de diseños de cuerdas de sierra específicamente adaptadas a los diversos usos. Las cuerdas de sierra en las que las cuentas están separadas por resortes helicoidales (como se describe por primera vez en la patente de Estados Unidos 2679839) todavía se usan ampliamente para cortar piedras más blandas como la piedra caliza y el mármol. Las cuentas se deslizan sobre la cuerda de alambre, pero a intervalos regulares se fija una cuenta a la cuerda o se reemplaza por un manguito metálico engarzado para evitar la acumulación de resortes comprimidos cuando una de las cuentas se engancha. Tal acumulación de energía haría que las cuentas fueran balas mortales en caso de que la cuerda se rompiera.

Las piedras más duras como el granito requieren cuerdas de sierra que tengan separadores de plástico con o sin resortes encapsulados. Por lo tanto, las cuentas se fijan mejor a la cuerda de alambre. Los separadores se deforman plásticamente en caso de que una de las cuentas quede atrapada en el corte. La energía se absorbe en la deformación plástica, pero todas las cuentas siguientes se acumulan en un fenómeno conocido como "colapso del alambre". Para los materiales más duros como la cerámica y el hormigón armado, las cuentas están separadas por un elastómero como el caucho. Una buena descripción puede encontrarse en la patente de Estados Unidos 4907564. La excelente adherencia entre el caucho y la cuerda de alambre transfiere eficazmente las fuerzas sobre la cuenta a la cuerda de alambre al tiempo que absorbe los golpes. La adherencia es óptima cuando se usa una cuerda de alambre de acero recubierta de latón en combinación con un caucho adhesivo, una combinación que es muy conocida en la fabricación de neumáticos.

Las cuentas consisten en un manguito metálico rodeado por una capa externa abrasiva. La capa externa puede depositarse electrolíticamente directamente sobre el manguito metálico como se describe p. ej. en el documento WO 02/40207, o puede sinterizarse en forma de anillo y posteriormente soldarse con soldadura fuerte o estamparse al manguito metálico como se conoce a partir de la patente de Estados Unidos 3847569. La capa contiene la arena

abrasiva, que normalmente es diamante, incrustada en un metal o aleación de metales. En el caso de deposición electrolítica, generalmente es níquel o una aleación de níquel. En el caso de los anillos sinterizados, puede comprender cobalto, cobre, bronce, hierro, tungsteno, carburo de tungsteno (véase p. ej. el documento EP 0486238). La capa también puede soldarse con soldadura fuerte directamente (sin sinterizarse) en el manguito como se describe, p. ej. en la patente de Estados Unidos 7089925 B1.

El tamaño actual de la cuerda de alambre interna está estandarizado a 3,5 y 5 mm. Las cuentas tienen un diámetro exterior de 7 a 11 mm. Por consiguiente, se pierden al menos de 7 a 11 mm en el corte. Por lo tanto, existe una tendencia a utilizar cuerdas de sierra de menor diámetro que disminuyen el tamaño del corte. Tal tamaño de corte reducido es beneficioso en términos de rendimiento ya que un corte más delgado permite obtener más losas de un solo bloque al mismo tiempo. Normalmente hay de 25 a 40 cuentas por metro que se espacian regularmente a lo largo de la cuerda de sierra. Las piedras blandas requieren menos cuentas por unidad de longitud que las piedras duras.

La forma en que se producen las cuerdas de sierra es siempre la misma:

- se producen las cuentas,
- se selecciona una cuerda de alambre como el portador,
- las cuentas se enhebran en la cuerda con o sin resortes entre ellas,
- un polímero termoplástico o elastómero se moldea por inyección entre las cuentas colocando la cuerda y las cuentas en un molde adecuado

Posiblemente, las cuentas se visten antes de su uso para que corten bien desde el principio. El método para hacer la cuerda de sierra es laborioso y lento, ya que el molde solo puede contener un número limitado de cuentas y, por lo tanto, el cable debe recubrirse paso a paso. Aunque el proceso puede automatizarse, aún existen desafíos en la productividad para hacer cuerdas de sierra cuando se va a diámetros más finos.

Se han sugerido otras formas de hacer las cuerdas de sierra:

- La patente de Estados Unidos 4015931 propone soldar con soldadura fuerte elementos abrasivos sinterizados directamente a una cuerda de alambre compactada. Tal soldadura fuerte afectará a la resistencia a la tracción de la cuerda de alambre. Alternativamente, un anillo de cierre con elementos abrasivos soldados con soldadura fuerte al mismo puede bloquearse directamente alrededor de la cuerda de alambre. Tal conexión es demasiado débil para mantener el anillo en su lugar en una cuerda de alambre de acero.
- Los documentos WO 95/00275 y DE 2254328 sugieren insertar elementos abrasivos durante el trenzado o el cableado de la cuerda de alambre. Tal enfoque conduciría a una rigidez no uniforme a lo largo de la cuerda y a un fallo prematuro de los alambres en las proximidades de los elementos abrasivos.
- El documento JP2006102905 y la patente de Estados Unidos 6526960 describen una cuerda de sierra con una camisa de polímero sobre la que se enrolla helicoidalmente uno (o más) alambres continuos. El alambre comprende partículas abrasivas.
- El documento WO 02/055248 no describe una cuerda de alambre de sierra como se concibe en esta solicitud: describe una cuerda de corte apropiada para cortar alimentos ultracongelados o ladrillos de arcilla. Las piezas de corte se engarzan en una cuerda de alambre pero no comprenden un abrasivo, ni la cuerda de alambre está recubierta con un polímero.

Divulgación de la invención

El objetivo principal de la invención es proporcionar una cuerda de sierra que pueda fabricarse de manera eficiente. Este objetivo se alcanza con una cuerda de sierra que tiene las características definidas en la reivindicación 1. Otro objetivo es ofrecer un diseño de cuerda de sierra que pueda reducirse en tamaño. Otro objetivo adicional es ofrecer una cuerda de sierra de diseño más simple. Otro objetivo más es ofrecer cuerdas de sierra que se hagan económicamente en cualquier tipo de tamaño y cantidad de cuentas por metro. El método de fabricación para hacer una cuerda de este tipo también se proporciona en las reivindicaciones 14 y 15. El método permite producir cuerdas de sierra en trozos largos.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se divulga una cuerda de sierra. Como todas las cuerdas de sierra, se construye alrededor de una cuerda de alambre. Tal cuerda de alambre está hecha de filamentos de acero. Los filamentos de acero normalmente están hechos de acero al carbono simple con un contenido mínimo de carbono de 0,40 % en peso y un contenido de manganeso que varía del 0,40 % al 0,70 % en peso. Alternativamente, la cuerda puede estar hecha de aceros inoxidables tales como los tipos AISI 302/304, 316 y 305, aunque estos se prefieren menos. Los alambres se estiran en frío para aumentar su resistencia a la tracción. Los filamentos de acero pueden recubrirse con un recubrimiento resistente a la corrosión, como un recubrimiento a base de zinc o aleación de zinc (como, por ejemplo, aleación aluminio-zinc) o pueden recubrirse con un recubrimiento que promueva la adherencia, como una aleación de latón.

La cuerda de alambre normalmente es del tipo multihilo, es decir, está ensamblado a partir de múltiples hilos, estando compuesto cada hilo por múltiples alambres de acero. Una configuración típica es el tipo de cuerda de acero 19+6x7. Esta cuerda consiste en un núcleo con 19 alambres que está rodeado por 6 hilos, comprendiendo cada uno 7 alambres. Los hilos están formados por 6 alambres externos que están trenzados alrededor de un alambre central. El núcleo está hecho de un alambre rey alrededor del que se trenzan los primeros 6 alambres y, posteriormente o simultáneamente, se trenzan otros 12 alambres. El diámetro de los filamentos y las longitudes de trenzado se eligen en función del diámetro y de las holguras que se desean obtener entre los hilos. Otra posible cuerda de alambre comprende 7 hilos, comprendiendo cada uno 19 filamentos trenzados entre sí de la misma manera que el núcleo del tipo 19+6x7. Se designa con 7x19. Otra construcción popular es el tipo de cuerda 7x7 en el que un hilo de núcleo, que consiste en 7 alambres (un alambre rey y 6 alambres externos) trenzados entre sí, está rodeado por 6 hilos (con un alambre central y también 6 alambres externos trenzados alrededor del mismo) trenzados alrededor del núcleo. El diámetro de la cuerda puede ser de 3,5 o 5 mm, aunque los inventores creen que se producirá una tendencia hacia diámetros de cuerda de alambre más pequeños de 3 mm, e incluso de 2 mm.

La cuerda de alambre está recubierta con una camisa de polímero. La función de la camisa de polímero es mantener en su lugar el elemento abrasivo, las "cuentas", que se agarran en la misma y aislar la cuerda de alambre de las influencias externas. Por lo tanto, el polímero debe ser lo suficientemente blando como para permitir el agarre de los elementos abrasivos, pero al mismo tiempo debe ser resistente para resistir la abrasión de la piedra. Lo más importante es que la camisa debe adherirse bien a la cuerda de alambre porque si esto no fuera así, los elementos abrasivos simplemente pelarían la cubierta en caso de que uno de los elementos se atasque en el corte. Como mínimo, la resistencia de la unión debe ser tal que se necesite al menos $10 \times D \times L$ newton para cizallar un solo elemento abrasivo en la cuerda. "D" es el diámetro de la cuerda de alambre y "L" es la distancia entre los elementos abrasivos, ambos expresados en milímetros. Por ejemplo, un elemento abrasivo en una cuerda de alambre con un diámetro de 5 mm y una interdistancia entre las cuentas de 20 mm debe ser capaz de resistir $10 \times 5 \times 20$, es decir, 1000 N de fuerza de cizalladura. Por lo tanto, en la invención se prefiere la presencia de una capa adhesiva entre el polímero y la cuerda de alambre.

La camisa de polímero puede estar hecha de un polímero de tipo termoplástico, preferentemente un elastómero termoplástico como: poliuretano termoplástico (por ejemplo, como Desmopan® disponible de Bayer) o amida de bloque de poliéter (por ejemplo, como PEBAX® de Arkema). El poliuretano es el más preferido ya que combina las propiedades correctas de dureza y resistencia.

Para lograr una adherencia suficiente, se prefiere el uso de una imprimación adhesiva. Las imprimaciones adecuadas son imprimaciones basadas en silanos organofuncionales, titanatos organofuncionales o zirconatos organofuncionales. En el mercado están disponibles imprimaciones alternativas (bajo el nombre comercial Chemosil (Henkel) o Chemlok (Lord Corporation)). La composición de estas no se conoce, pero probablemente estén basados en epoxi.

Alternativamente, la camisa de polímero puede estar hecha de un elastómero tal como caucho. Con mucho, se prefieren los cauchos de caucho natural (NR) o de caucho de estireno butadieno (SBR). Cuando se mezcla con el azufre adecuado, con rellenos (como el carbono), con aceleradores y sal de cobalto, puede obtenerse una excelente adherencia en cuerdas de alambre de acero chapado con latón o con zinc. El recubrimiento de latón o de zinc actúa entonces como imprimación para la adherencia. Otros recubrimientos a base de metales o aleaciones del grupo que comprende cobre, zinc, estaño, cobalto o bismuto también pueden actuar como imprimación adhesiva para el caucho. La formulación del caucho puede mejorarse mediante experimentación convencional hasta el nivel en que pueda obtenerse una adherencia suficiente. Alternativamente, pueden usarse las imprimaciones tipo Chemosil/Chemlok para obtener una buena adherencia con el caucho.

La cuerda de alambre está recubierta con el polímero antes del cierre de los manguitos metálicos. Alternativamente, la cuerda de alambre se recubre con polímero después del cierre del manguito metálico alrededor de la cuerda de alambre.

El manguito metálico se puede recubrir con una capa abrasiva antes del cierre del manguito. Alternativamente, el manguito metálico puede recubrirse con una capa abrasiva después del cierre del manguito alrededor de la cuerda.

Los elementos abrasivos comprenden un manguito metálico y una capa externa abrasiva. La característica de la cuerda de sierra de la invención es que los manguitos comprenden un cierre o conexión para cerrar el manguito alrededor de la cuerda metálica. La camisa de polímero puede mantener los elementos abrasivos en su lugar. Alternativamente, los manguitos pueden agarrarse a la camisa de polímero de la cuerda de alambre, no a la propia cuerda de alambre. Los manguitos están hechos de metal. El metal debe tener suficiente resistencia para mantener su forma durante la acción de serrado. Preferentemente se utilizan aleaciones que contienen hierro. Por lo tanto, los aceros al carbono simples son una buena opción, aunque a priori, no se excluyen los aceros inoxidables.

El término "manguito" no debe interpretarse de manera restringida. Los siguientes tipos "b." a "f" de manguito se consideran dentro del alcance de la invención, mientras que "a." ilustra un ejemplo útil para comprender la invención.

- a. Un elemento cilíndrico con un cierre mecánico que se cierra alrededor de la cuerda de alambre recubierta, muy parecido a un clip que se cierra alrededor de la cuerda recubierta. El cierre puede ser paralelo u oblicuo al

eje de la cuerda.

b. Un elemento cilíndrico que está formado por dos (posiblemente incluso más) medios segmentos que están conectados por medio de una soldadura láser. La conexión puede ser paralela u oblicua al eje de la cuerda.

c. Segmentos cilíndricos como los de "a." o "b." anteriores que se traban de forma mecánica y adicionalmente se sueldan en el seguro.

d. Un alambre muy bobinado de una o más vueltas en el que los extremos se sueldan con láser al devanado adyacente de modo que los extremos de la bobina no se suelten. La soldadura también puede realizarse en toda la longitud de los devanados adyacentes de la bobina. En este caso, la conexión es siempre oblicua al eje de la cuerda de alambre e incluso de forma curvilínea.

e. El alambre de "d." puede tener una forma circular o una forma aplanada u oblonga. Una forma aplanada da como resultado más área de contacto con el polímero. Un alambre redondo hace una buena impresión en la camisa de polímero.

f. Se prefiere particularmente si el manguito está formado por un alambre plano que tiene una porción media gruesa que se inclina hacia los bordes y esto en un perfil más o menos hiperbólico. Después de doblar el alambre en forma de manguito, la pieza cilíndrica muestra una superficie interna hiperboloide laminada de aproximadamente una lámina.

Preferentemente, el manguito tiene una superficie interior texturizada o estructurada que permite que el polímero entre en la estructura de la superficie interior para un mejor agarre del manguito a la camisa de polímero. Existen diferentes posibilidades para proporcionar una superficie perfilada de este tipo:

a. En el caso de un alambre redondo bobinado en el que las vueltas adyacentes están soldadas entre sí, el interior del manguito es como una superficie roscada que se agarra al polímero.

b. En el caso de un alambre redondo bobinado, pueden estar presentes partículas abrasivas en toda la superficie exterior del alambre. Cuando se bobina sobre la camisa de polímero, las partículas abrasivas que llegan al interior de la bobina se agarran a la bobina y mejoran la retención del elemento abrasivo.

c. Alternativamente, cuando el manguito tiene forma cilíndrica, el interior de un manguito cilíndrico cerrado puede estar provisto de una rosca de tornillo, después de lo cual se corta el manguito antes de cerrarlo sobre la cuerda de alambre recubierta.

d. Cuando se bobina un alambre aplanado sobre la cuerda encamisada, puede proporcionarse una cresta a los lados del alambre que se agarra al polímero.

e. Alternativamente, la cresta de "d." puede estar dentada. La dentadura se agarra a la camisa de polímero.

f. Alternativamente, pueden proporcionarse acanaladuras longitudinales en el alambre aplanado. Después de formar el manguito, estas acanaladuras forman acanaladuras circunferenciales en el manguito.

g. Alternativamente, pueden proporcionarse orificios o pirámides en la superficie interna que se agarran a la camisa de polímero de la cuerda.

La sujeción de los manguitos por parte de la camisa de polímero puede mejorarse haciendo uso de una imprimación adhesiva por sí sola, o en combinación con una superficie interna estructurada de los manguitos. Básicamente, las mismas imprimaciones que permiten la adherencia entre la cuerda de alambre y la camisa de polímero pueden usarse para hacer que el manguito se adhiera a la camisa de polímero. Sin embargo, las imprimaciones no necesitan ser las mismas. Ejemplos no limitativos son:

- Se usa un silano organofuncional para adherir la camisa de polímero a la cuerda y una imprimación a base de Chemosil para adherir el manguito a la camisa.
- Se usa un recubrimiento de latón como imprimación para obtener adherencia al caucho, mientras que se usa una imprimación a base de Chemosil para adherir el manguito a la camisa.

La capa abrasiva se aplica sobre el manguito antes o después del cierre del manguito alrededor de la cuerda recubierta o no recubierta. Se conciben las siguientes formas de aplicar la capa abrasiva:

- La capa abrasiva se une al manguito por medio de una unión por soldeo fuerte ("por soldadura fuerte"). Una unión por soldeo fuerte es una unión metálica en la que una mezcla en polvo de metales y las partículas abrasivas se funden sobre el manguito. Todos los metales de la composición de soldadura deben pasar por una fase líquida y formar una aleación. Las composiciones de aleación de soldadura fuerte típicas contienen al menos dos del grupo que comprende estaño, cobre, níquel, cobalto, hierro y plata. Las aleaciones particularmente preferidas están basadas en cobalto, tales como Fe-Cu-Co-Ag o Co-Cu-Sn.
- Los manguitos pueden recubrirse electrolíticamente con un recubrimiento que contiene partículas abrasivas y, por ejemplo, níquel ("por deposición"). Otras aleaciones de níquel que son adecuadas para este fin son Ni-Co, Ni-Mn o Ni-Co-Mn.
- Preferentemente, los manguitos están recubiertos con una capa abrasiva mediante revestimiento con láser, pulverización térmica o pulverización con plasma (en lo que sigue, estas técnicas se denominan "mediante revestimiento"). La más preferida es la técnica de revestimiento con láser. En esta técnica, un polvo metálico y partículas abrasivas se propulsan por gas a través de una boquilla hacia un punto del manguito. El punto del manguito se precalienta por medio de un láser de alta potencia y el polvo metálico alimentado se funde mientras

las partículas abrasivas se impulsan hacia él. Después de enfriarse, queda una muy buena unión con el manguito. El polvo metálico y las partículas abrasivas pueden suministrarse mezclados a través de una sola boquilla. O pueden pulverizarse en el punto caliente a través de boquillas separadas. El gas debe ser un gas protector, generalmente argón, para evitar que las partículas abrasivas y los metales se oxiden en el intenso rayo láser. El polvo metálico debe tener una temperatura de fusión elevada (por ejemplo, entre 400 y 900 °C) pero no demasiado alta para no dañar las partículas abrasivas. Preferentemente, las aleaciones o bronce de soldadura fuerte ya mencionados son adecuados para eso (es decir, una aleación a base de cobre). Ejemplos son CuSn20Ti13 (es decir, una aleación de cobre con un 20 % en peso de estaño y un 13 % en peso de titanio, el resto es cobre) o FeNiCr.

La técnica de revestimiento con láser también se prefiere porque el manguito puede cerrarse mediante la acción de soldadura del revestimiento al mismo tiempo que el manguito se recubre con una capa abrasiva. En ese caso, el material de la capa abrasiva también actúa como material de soldadura.

Tampoco se excluyen combinaciones de cualquiera de las técnicas anteriores. P.ej. una capa abrasiva revestida con láser puede complementarse además con una capa soldada con soldadura fuerte para fijar las partículas abrasivas aún mejor.

Particularmente importante para la vida útil de la cuerda de sierra es que el material de la matriz se desgaste aproximadamente a la misma velocidad que las partículas abrasivas. Si el material de la matriz es demasiado blando, se desgastará y liberará las partículas abrasivas demasiado rápido, mientras que si es demasiado duro se verá comprometido el rendimiento de serrado de la cuerda.

Las partículas abrasivas pueden ser partículas superabrasivas como el diamante (natural o artificial, siendo este último algo más preferido debido a su menor coste y a la friabilidad de su grano), nitruro de boro cúbico o mezclas de los mismos. Para aplicaciones menos exigentes, pueden usarse partículas como carburo de tungsteno (WC), carburo de silicio (SiC), óxido de aluminio (Al_2O_3) o nitruro de silicio (Si_3N_4): aunque son más blandas, son considerablemente más baratas que el diamante. La más preferida es el diamante.

Para su uso en una cuerda de sierra, los tamaños de partícula de número de malla US 40/50 son los más apropiados (norma US ASTM E 11). Un tamiz de malla 40 tiene aberturas de 420 µm por las que pasan partículas de menor tamaño. Las partículas en promedio mayores de 297 µm serán detenidas por el tamiz de malla 50 (aberturas de 297 µm). El tamaño medio promedio de las partículas restantes es de aproximadamente 427 µm.

Deben estar presentes alrededor de 10 a 50 mg o 0,05 a 0,25 quilates de diamante (1 quilate son 200 miligramos (mg)) por cada 100 mm³ de material de capa abrasiva. Sin embargo, esta carga de diamantes depende en gran medida del diámetro de la cuerda de sierra y de la longitud de las cuentas.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se divulga un método para producir una cuerda de sierra. El método comprende las etapas de:

- a. Proporcionar una cuerda de alambre. La cuerda de alambre es del tipo descrito anteriormente en el párrafo [0011], es decir, una cuerda de alambre de acero del tipo 7x7, 19+6x7, 7x19 o similar, hecho de acero al carbono.
- b. Como opción preferida, la cuerda de alambre está recubierta con una imprimación adhesiva antes del encamisado (véase el párrafo [0013]). Dicha imprimación adhesiva puede aplicarse sobre el alambre de acero antes de hacer la cuerda, p. ej. cuando se prevé utilizar imprimaciones adhesivas metálicas como el latón o el zinc con caucho (véase el párrafo [0014]).
- c. Recubrir la cuerda de alambre con una camisa de polímero. El polímero puede ser un polímero termoplástico o un elastómero tal como caucho como se explica en los párrafos [0013] y [0014].
- d. Proporcionar un manguito metálico abierto de los tipos descritos en el párrafo [0017].
- e. Cerrar el manguito metálico abierto con una soldadura.
- f. Proporcionar una capa externa abrasiva sobre el manguito metálico de acuerdo con los métodos de "mediante soldadura fuerte", "mediante deposición" o "mediante revestimiento" como se explica en el párrafo [0017].

Una primera secuencia de producción preferida ("secuencia uno") es la siguiente:

- Proporcionar una cuerda de alambre (etapa "a").
- Opcionalmente, la cuerda está provista de una imprimación (etapa "b").
- Recubrir la cuerda de alambre con una camisa de polímero (etapa "c"), para esta secuencia por preferencia mediante un proceso de extrusión por el cual se recubre un trozo entero de cuerda de alambre de una vez.
- Proporcionar manguitos metálicos abiertos (etapa "d").
- Cerrar el manguito metálico con una conexión (etapa "e").
- Los manguitos metálicos se cierran uno tras otro a una distancia fija o variable entre sí directamente sobre la camisa de polímero.
- Proporcionar una capa externa abrasiva sobre el manguito metálico (etapa "f").
- En esta secuencia, esto se hace por preferencia "mediante deposición" o "mediante revestimiento", ya que estas

técnicas dan la menor carga calorífica a la camisa de polímero si se toman las disposiciones necesarias.

Preferentemente, la etapa "e" y la etapa "f" se combinan dentro de la misma etapa, es decir, el manguito se cierra y se recubre inmediatamente.

Una segunda secuencia de producción igualmente preferida (secuencia dos) es la siguiente:

Proporcionar una cuerda de alambre (etapa "a").
 Proporcionar manguitos metálicos abiertos (etapa "d").
 Cerrar el manguito metálico con una conexión (etapa "e").
 Los manguitos metálicos todavía pueden girar libremente alrededor de la cuerda de alambre.
 Proporcionar una capa externa abrasiva sobre el manguito metálico (etapa "f").
 En esta secuencia, esto se hace con preferencia "mediante revestimiento" o "mediante soldadura fuerte" ya que la carga calorífica a la cuerda de alambre es mucho menor puesto que el manguito metálico no está en contacto con la cuerda. Cuando se usa "mediante revestimiento", el cierre del manguito metálico puede hacerse al mismo tiempo que la aplicación de la capa externa abrasiva.
 Opcionalmente, la cuerda con manguitos está provista de una imprimación (etapa "b").
 Recubrir la cuerda de alambre con una camisa de polímero (etapa "c").
 En esta secuencia, esto se hace por preferencia mediante un proceso de moldeo por inyección y la cuerda de alambre se recubre paso a paso.

Una tercera secuencia de producción también preferida (secuencia tres) es la siguiente:

Proporcionar una cuerda de alambre (etapa "a").
 Opcionalmente, la cuerda está provista de una imprimación (etapa "b").
 Recubrir la cuerda de alambre con una camisa de polímero (etapa "c"), para esta secuencia por preferencia mediante un proceso de extrusión por el cual se recubre un trozo entero de cuerda de alambre de una vez.
 Proporcionar manguitos metálicos abiertos (etapa "d").
 Preferentemente, el manguito tiene la forma de un alambre de forma redonda u oblonga y en trozos largos. El alambre puede ser recto o preformado en forma de hélice.
 Proporcionar una capa externa abrasiva sobre el manguito metálico (etapa "f"). Aquí, esto puede hacerse "mediante deposición", "mediante revestimiento" o "mediante soldadura fuerte", ya que no hay contacto térmico entre la cuerda de alambre y el manguito metálico. Preferentemente, el manguito solo está recubierto en un lado (el lado que estará en el lado externo de la cuerda de sierra) para ahorrar material abrasivo, pero recubrir todos los lados del manguito tiene la ventaja adicional de que se agarra mejor al polímero.
 Cerrar el manguito metálico con una conexión (etapa "e").
 Preferentemente, esto se hace enrollando el alambre recubierto con abrasivo alrededor de la cuerda encamisada, cortando el alambre después de varias vueltas (digamos de tres a diez) y fijando el inicio y el final de la bobina a las vueltas adyacentes de la bobina mediante revestimiento con láser. Alternativamente, las vueltas pueden soldarse entre sí en cualquier en la que sean adyacentes entre sí.

El concepto de la invención común a todos los métodos mencionados anteriormente es que el manguito metálico se cierra sobre la cuerda y no se enhebra en la cuerda. Como consecuencia, cualquier tipo de manguito metálico mostrará una conexión.

Breve descripción de las figuras en los dibujos

FIGURA 1: muestra la cuerda de sierra tal como se conoce en la técnica.
 FIGURA 2: muestra tres realizaciones de la cuerda de sierra de la invención con una conexión soldada.
 FIGURA 3: muestra una conexión soldada y dos conexiones mecánicas.
 FIGURA 4: muestra un detalle en sección transversal de los manguitos metálicos.
 FIGURA 5: ilustra dos formas de producir la cuerda de sierra de la invención.
 FIGURA 6: muestra otro detalle en sección transversal de un manguito metálico preferido.

Modo (s) para llevar a cabo la invención

La figura 1 muestra una cuerda de sierra 100 como se conoce en la técnica. Una cuerda de alambre 12 hecha de varios hilos trenzados entre sí está cubierta con una camisa de polímero 14. La cuerda de alambre tiene un diámetro "D". Las cuentas de sierra 20, 20', 20" están presentes a intervalos regulares, separadas por una distancia "L". Las cuentas están hechas de un tubo metálico 16 corto en el que se fija un anillo abrasivo 18 (generalmente mediante soldadura fuerte). El anillo abrasivo 18 está hecho de partículas abrasivas 22 en una matriz metálica 24. Los tubos metálicos cortos están hechos de una sola pieza y tienen un roscado interno (no mostrado) para proporcionar un mejor agarre por parte del polímero.

La figura 2 muestra tres realizaciones de la cuerda de sierra de la invención. La figura 2a muestra una primera realización de la cuerda de sierra 200 de la invención. De nuevo, una cuerda de alambre 212 está provista de una

camisa de polímero 214. Los elementos abrasivos 220 que comprenden un manguito metálico 216 que se agarran a la camisa de polímero 214 se proporcionan a distancias regulares (solo se muestra un elemento abrasivo pero se repiten a distancias regulares a lo largo de la cuerda). En la parte superior del manguito metálico se proporciona una capa abrasiva 218 que contiene partículas abrasivas 222 fijadas en una matriz 224. El rasgo característico de la cuerda de sierra de la invención es que está presente una conexión 230 en el manguito metálico 216. En esta realización, la conexión es una soldadura 230 que es paralela al eje de la cuerda.

La figura 2b muestra una segunda realización alternativa de la cuerda de sierra 240 de la invención de básicamente la misma construcción que la primera realización, pero ahora la conexión 260 es oblicua al eje de la cuerda. De nuevo, la conexión 260 es una soldadura. La ventaja de tener la conexión oblicua al eje de la cuerda de alambre es que la soldadura 260 es más larga, por lo tanto, las fuerzas que trabajan sobre el manguito 250 que tienden a abrir la soldadura durante el funcionamiento se extienden a una distancia mayor, es decir, el esfuerzo de soldadura por unidad de longitud es menor.

En la figura 2c, esta idea incluso se ha llevado más allá, ya que la soldadura 290 se hace ahora helicoidalmente sobre el manguito metálico del elemento abrasivo 280, lo que proporciona una tercera realización 270 de la cuerda de sierra de la invención.

La figura 3 ilustra los diferentes tipos de conexiones del manguito metálico.

- La figura 3a muestra un manguito metálico 310 en sección transversal con una sola abertura 312. La abertura está achaflanada en 314 para recibir una soldadura.
- La figura 3b muestra un manguito metálico que consiste en dos mitades iguales 320, 320'. De nuevo, los extremos están achaflanados en 324 para recibir una soldadura.
- La figura 3c ilustra un ejemplo útil para comprender la invención de un seguro mecánico hecha de dos piezas 330, 330'. Las piezas se bloquean entre sí a través de una cresta 332 que se engancha en un rebaje 332'. Aunque dicho seguro mecánico no es suficiente para resistir las fuerzas durante el serrado, la aplicación de la capa abrasiva bloqueará suficientemente las partes entre sí.
- La figura 3d también muestra un ejemplo útil para comprender la invención de un seguro mecánico 342 en el que la conexión es del tipo curvilíneo. Consiste en una sola pieza metálica rectangular que tiene extremos de cola de milano 344 trabados. El manguito 340 se curva alrededor de la cuerda y luego se bloquea mecánicamente. De nuevo, dicho seguro mecánico debe fortalecerse aún más, p. ej. mediante la aplicación de la capa abrasiva.

Las secciones transversales de las realizaciones de los elementos abrasivos se muestran en la figura 4 "a" y "b" y en la figura 6.

- La figura 4a muestra un elemento abrasivo 400 con un alambre base 402 perfilado con bordes doblados hacia abajo que forma el manguito metálico. Las partículas abrasivas 404 se llevan a una matriz 406 de níquel mediante niquelado sin electrodos. Como resultado, la capa de partículas está limitada a una capa de partículas abrasivas.
- La figura 4b muestra un elemento abrasivo 410 (como el representado en la figura 3b) en el que la superficie del manguito metálico 412 orientada a la camisa de polímero está acanalada para un mejor agarre al polímero. La capa abrasiva consiste en diamantes 414 llevados al manguito 412 mediante revestimiento con láser junto con la matriz metálica 416.
- La figura 6 muestra un manguito 600 en sección transversal en el que la superficie interna 610 del manguito metálico se adelgaza hacia los bordes. El redondeo resultante es de forma aproximadamente hiperbólica o cuadrática. Pueden proporcionarse acanaladuras 620 en la superficie interna. La ventaja de usar tal forma hiperbólica o cuadrática es que, cuando la cuerda de sierra se dobla, no se induce un doblez agudo en la cuerda de alambre a la salida y entrada del manguito. Esto mejora en gran medida la vida útil de la cuerda de alambre. Además, los extremos en forma de trompeta del manguito permiten un fácil flujo del material polimérico durante el moldeo por inyección, lo que lleva a un mejor centrado de la cuerda en la cuenta.

Los manguitos de las figuras 4a, 4b y 6 pueden producirse a partir de un alambre plano, conformado en el perfil. El alambre se dobla alrededor de la cuerda de sierra y luego se cierra mediante soldadura.

La figura 5 muestra dos formas de producir la cuerda de sierra. Una primera forma preferida de producir la cuerda de sierra 270 es la siguiente:

- Una cuerda de alambre 502 de acero galvanizado de construcción 19+6x7 con un diámetro total de 4,5 mm es adecuado como cuerda portadora. Los mejores resultados de adherencia se obtienen con cuerdas de alambre hechas de alambres galvanizados.
- Un silano organofuncional (como aminopropiltietoxisilano) es el más adecuado como imprimación adhesiva.
- En una extrusión continua, el polímero de poliuretano Desmopan® que se puede obtener de Bayer puede aplicarse como una camisa de polímero 504 sobre la cuerda de alambre 502 hasta obtener un espesor total de 5,0 mm.

- 5 ■ Un alambre 506 de acero al carbono con un contenido de carbono del 0,40 % en peso de carbono se enrolla en la forma representada en la figura 4a, se corta en trozos de aproximadamente 50 cm y se chapa posteriormente con diamantes en bloque con un tamaño promedio de 430 micrómetros en un baño de níquel sin electrodos. Los trozos se recubren colocando las tiras boca abajo en los diamantes del baño de níquel. Posteriormente, la capa de níquel se engrosa en un baño de níquel electrolítico.
- 10 ■ Las tiras se bobinan sobre una camisa de polímero de modo que prácticamente no queda espacio entre vueltas adyacentes, mientras que los dos extremos que se extienden se usan para mantener apretada la bobina (figura 5"a" etapa (1)).
- 10 ■ La costura entre vueltas de bobina adyacentes se suelda con láser mediante un soldador láser 508 y en la misma operación los extremos se cortan con láser (figura 5"a" etapa (2)). En esta etapa, se debe prestar atención para buscar la potencia láser correcta para no sobrecalentar el polímero.

Una segunda forma preferida de fabricar la cuerda de sierra 200 de la invención es la siguiente (véase la figura 5b):

- 15 ■ Se toma una cuerda de alambre 550 de acero de tipo 19+6x7 hecha de alambre de acero galvanizado con un diámetro de 4,5 mm.
- 20 ■ Alrededor de esta cuerda, un manguito metálico 552 del tipo representado en la figura 3b, es decir, que consiste en dos mitades con un diámetro interno de 5 mm, se cierra alrededor de la cuerda mediante soldadura con el soldador láser 554. Como el manguito metálico no está en contacto directo con la cuerda de alambre de acero, no hay calentamiento del cordón.
- 25 ■ Posteriormente, el manguito metálico 552 cerrado se recubre con una capa abrasiva mediante revestimiento con láser a través de la pistola 556. Una vez más, los diamantes en bloque con un diámetro de 430 µm son los más adecuados. La matriz utilizada se proporciona mediante polvo de cobalto, cobre y aleación de estaño (CuSn20Ti13) soplado en el punto caliente de la soldadura láser. De esta manera, los elementos abrasivos están en la cuerda, sin tener que enhebrarlos. De esta forma se obtiene un elemento abrasivo como en la figura 4b. De nuevo, como el manguito metálico no está en contacto con la cuerda de alambre, no se produce un calentamiento apreciable del cordón.
- 30 ■ El cordón se sumerge en una solución de silano organofuncional en alcohol isopropílico y se deja secar (no se muestra).
- 35 ■ Los elementos abrasivos 558 se fijan en posición en un molde seguido de moldeo por inyección de una camisa de polímero (no mostrada). Debido al juego entre la cuerda y el manguito metálico, el polímero se inyecta en el rebaje entre ambos. La superficie interior acanalada del manguito metálico ayuda a mantener el elemento abrasivo en posición.

REIVINDICACIONES

1. Una cuerda de sierra que comprende una cuerda de alambre (212, 502, 550) con una camisa de polímero (214, 504) que cubre dicha cuerda de alambre (200, 240, 270), elementos abrasivos (220, 280, 400, 410, 558) que comprenden un manguito metálico (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) y una capa abrasiva (218) con partículas abrasivas (218, 404, 414), dichos manguitos (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) sujetos por dicha camisa de polímero (214, 504) para sujetar dichos elementos abrasivos (220, 280, 400, 410, 558) fijados a intervalos a lo largo de dicha cuerda de sierra (200, 240, 270) caracterizada por que dicho manguito (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) comprende al menos una conexión (230, 260, 290) para cerrar dicho manguito (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) alrededor de dicha cuerda de alambre (212, 502, 550), siendo dicha al menos una conexión (230, 260, 290) una soldadura láser.
2. La cuerda de sierra de la reivindicación 1 en la que dicha al menos una conexión (230, 260, 290) es una combinación de un seguro mecánico y una soldadura láser.
3. La cuerda de sierra de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que dicha conexión (230, 260, 290) es paralela u oblicua o curvilínea al eje de la cuerda.
4. La cuerda de sierra de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la superficie interna (610) de dicho manguito (600) tiene la forma de un hiperboloide de una lámina.
5. La cuerda de sierra de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dicho manguito (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) tiene una superficie interior estructurada que se engancha con dicha camisa de polímero.
6. La cuerda de sierra de acuerdo con la reivindicación 5, en la que dicha superficie interior estructurada comprende protuberancias que tienen la forma de una pirámide, o una cresta lisa o una cresta dentada y/o rebajes como orificios, o roscas de tornillo.
7. La cuerda de sierra de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dicha camisa de polímero (214, 504) se adhiere a dicha cuerda de alambre (212, 502, 550) por medio de una imprimación adhesiva.
8. La cuerda de sierra de acuerdo con la reivindicación 7, en la que dicho polímero es un elastómero y dicha imprimación adhesiva es una aleación metálica que comprende uno o más de los metales cobre, zinc, estaño, cobalto o bismuto, dicho elastómero y dicha aleación están formulados para adherirse entre sí.
9. La cuerda de sierra de acuerdo con la reivindicación 7, en la que dicho polímero es un polímero termoplástico y dichas imprimaciones adhesivas se seleccionan del grupo que comprende un silano organofuncional, un titanato organofuncional y un circonato organofuncional.
10. La cuerda de sierra de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que dicho manguito (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) se adhiere a dicha camisa de polímero (214, 504) por medio de una imprimación adhesiva.
11. La cuerda de sierra de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que las partículas abrasivas (218, 404, 414) se unen a dicho manguito metálico (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) por uno cualquiera de los medios de una unión por soldeo fuerte, por medio de deposición electrolítica, por medio de revestimiento con láser o por una combinación de los mismos.
12. La cuerda de sierra de acuerdo con la reivindicación 11 en la que dicha capa abrasiva (218) comprende partículas seleccionadas del grupo que comprende diamante, nitruro de boro cúbico, carburo de silicio, óxido de aluminio, nitruro de silicio, carburo de tungsteno o mezclas de los mismos.
13. La cuerda de sierra de acuerdo con la reivindicación 12, en la que dicha capa abrasiva (218) comprende una matriz metálica seleccionada del grupo que comprende hierro, níquel, cobalto, estaño, cobre, plata o combinaciones de los mismos para sujetar dichas partículas.
14. Un método para producir una cuerda de sierra (200, 240, 270) que comprende las etapas de:
 - proporcionar una cuerda de alambre (212, 502, 550);
 - proporcionar manguitos metálicos (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) abiertos;
 - cerrar dichos manguitos metálicos (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) abiertos con una conexión (230, 260, 290) alrededor de dicha cuerda de alambre (212, 502, 550), realizándose dicha conexión (230, 260, 290) mediante soldadura láser;
 - proporcionar una capa externa abrasiva (218) sobre los manguitos metálicos (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600);

- opcionalmente tratar la cuerda con manguitos con una imprimación;
- recubrir la cuerda de alambre (212, 502, 550) con una camisa de polímero (214, 504).

15. Un método para producir una cuerda de sierra (200, 240, 270) que comprende las etapas de:

- 5
- proporcionar una cuerda de alambre (212, 502, 550) que está opcionalmente recubierta con una imprimación;
 - recubrir dicha cuerda de alambre (212, 502, 550) con una camisa de polímero (214, 504);
 - proporcionar manguitos metálicos (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) abiertos;
 - proporcionar una capa abrasiva (218) sobre dichos manguitos metálicos (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600);
 - cerrar con una conexión (230, 260, 290) dicho manguito metálico (216, 250, 310, 320, 340, 412, 552, 600) con dicha capa abrasiva (218) alrededor de dicha cuerda de alambre (212, 502, 550), realizándose dicha conexión mediante soldadura láser.
- 10
- 15

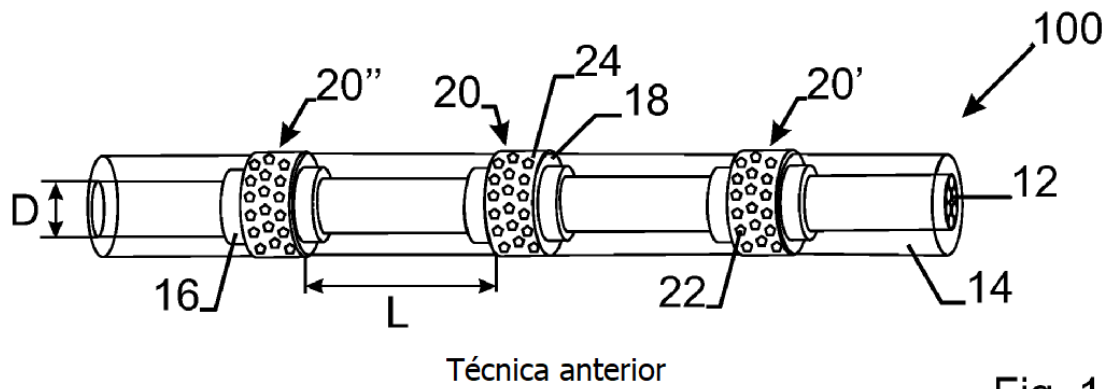


Fig. 1

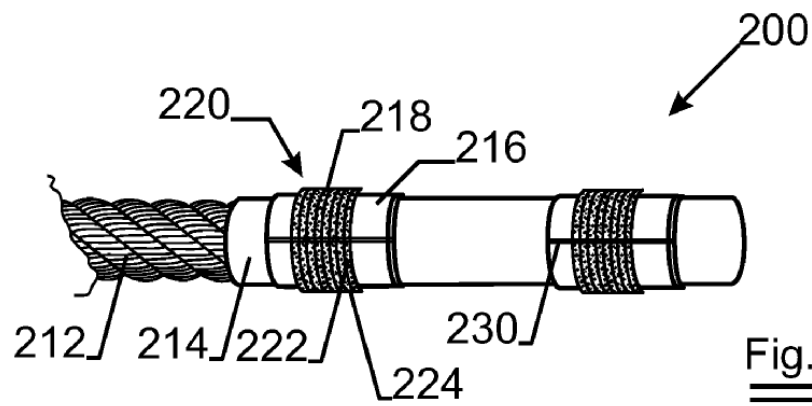


Fig. 2a

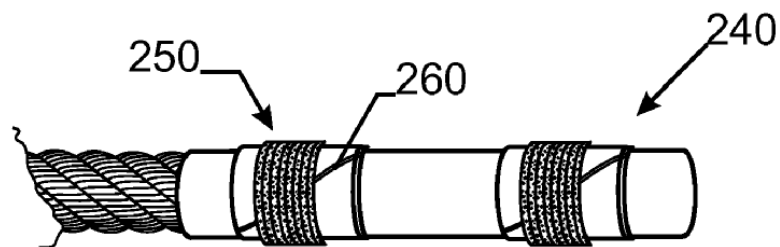


Fig. 2b

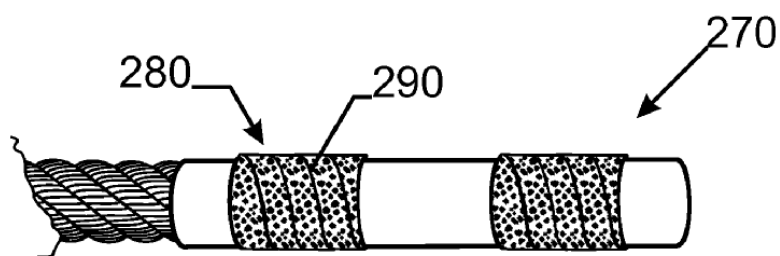


Fig. 2c

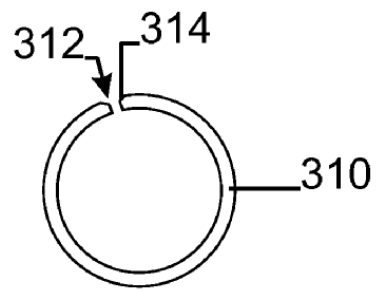


Fig. 3a

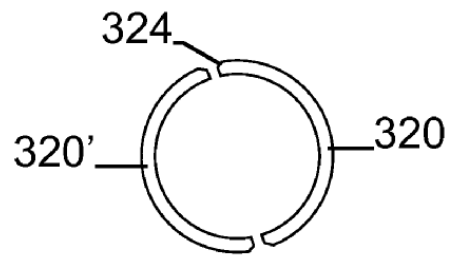


Fig. 3b

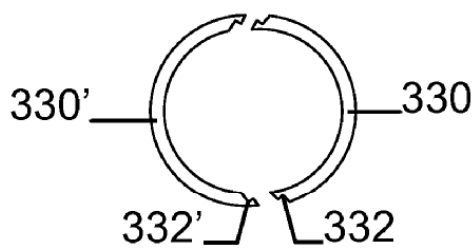


Fig. 3c

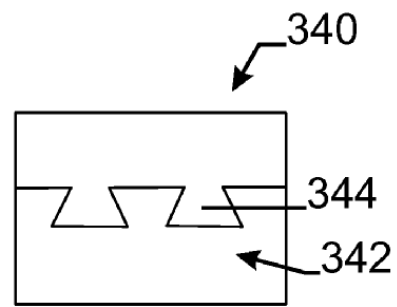


Fig. 3d

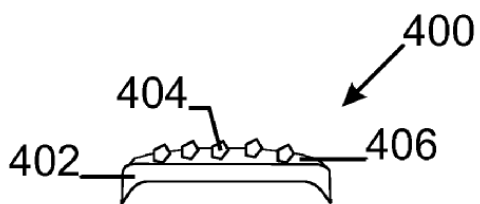


Fig. 4a

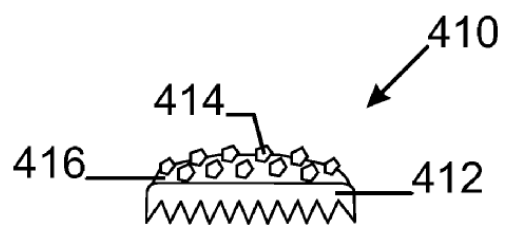


Fig. 4b

