

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 743**

51 Int. Cl.:

**F22B 37/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2009 E 09251469 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2423585**

54 Título: **Método para formar, insertar y unir permanentemente nervios en tubos de caldera**

30 Prioridad:

**06.06.2008 US 134295**

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

**07.12.2017**

73 Titular/es:

**THE BABCOCK & WILCOX COMPANY (100.0%)  
20 S. Van Buren Avenue  
Barberton, OH 44203-0351, US**

72 Inventor/es:

**MOHN, WALTER R.;  
WATSON, GEORGE B.;  
HAINSWORTH, JOHN;  
TANZOSH, JAMES M. y  
ZEIGLER, DOUGLAS D.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 645 743 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método para formar, insertar y unir permanentemente nervios en tubos de caldera

## 5 Campo y antecedentes de la invención

La presente invención se refiere generalmente a tubos utilizados en equipo de generación de vapor y, más específicamente pero no en exclusiva, un método para formar internamente tubos de caldera con nervios. Los nervios proporcionan una perturbación de flujo interno controlada dentro de los tubos para evitar el estancamiento de las burbujas de vapor que se forman durante el hervimiento de formación de núcleo; es decir, una condición operativa en la que las burbujas de vapor en estancamiento forman una capa aislante que impide el paso del calor a través de la pared de tubo al agua que fluye en su interior.

Un componente operativo principal de cualquier sistema de generación de vapor convencional es la caldera. La generación de vapor se logra normalmente por el paso de agua a través de una multiplicidad de tubos, durante cuyo paso el agua se calienta suficientemente para provocar que cambie de estado; es decir, para cambiar de líquido a vapor.

A medida que el agua fluye a través del tubo, el agua que está en proximidad más cercana a la pared interior del tubo se calienta mediante el calor que se transmite a través de la pared del tubo. Esta capa exterior de agua cambia a vapor. Durante este proceso de cambio a vapor, el primer cambio que sufre la capa exterior de agua es la formación en su interior de burbujas de vapor. Las burbujas de vapor actúan como una capa aislante. A menos que las burbujas de vapor se mezclen con el agua en el tubo, permanecerán adyacentes a la pared del tubo, y adoptarán los atributos de una capa o película aislante, provocando por tanto zonas de calor localizadas que se desarrollan a lo largo de la pared del tubo. Estas zonas de calor, a su vez, pueden provocar un sobrecalentamiento del tubo, y por último conducir a un fallo del tubo. Adicionalmente, a menos que se mezclen, las burbujas de vapor gracias a su capacidad aislante también funcionarán para evitar un calentamiento adicional del núcleo de agua, que pasa rápidamente a través del centro del tubo.

Así, para lograr una transferencia rápida y eficaz de calor a través de las paredes del tubo al agua que fluye en su interior, existe la necesidad de proporcionar alguna forma de medio para interrumpir el flujo laminar de agua a través del tubo y realizar el mezclado de la capa exterior de agua y por tanto también las burbujas de vapor atrapadas en su interior con el núcleo de agua que fluye a través de la región central del tubo. Uno de tales medios que se ha empleado en la técnica anterior implica el uso de nervios (resaltos o hendiduras) en las superficies internas de los tubos de caldera.

En cuanto a la naturaleza de la técnica anterior existente referente a los métodos para realizar tubos de caldera con superficies de pared interiores con nervios, puede hacerse referencia a la patente de Estados Unidos N.º 3.088.494; 3.213.525; 3.272.961; 3.289.451 y 3.292.408. La patente de Estados Unidos N.º 3.088.494, que se expidió a P. H. Koch et al., va dirigida a proporcionar un tubo de generación de vapor que tiene su pared interior formada con resaltos y hendiduras helicoidales, que se proporcionan y disponen en una manera predeterminada particular. La patente de Estados Unidos N.º 3.213.525, que se expidió a W. M. Creighton et al., se dirige a un método para formar un nervio interno en la perforación de un tubo en el que el material se retira de la pared de tubo interior mediante una operación de corte para formar el nervio objeto. Un ejemplo todavía adicional de estas enseñanzas de la técnica anterior puede encontrarse en la patente de Estados Unidos N.º 3.272.961, que se expidió a L. A. Maier, Jr. et al., y en la que un método y aparato se enseñan para hacer tubos de generación de vapor nervados y de acuerdo con los que un nervio se deposita en la superficie interior del tubo mediante un proceso de soldadura. La patente de Estados Unidos N.º 3.289.451, que se expidió a P. H. Koch et al., se dirige a un método y aparato para formar nervios helicoidales internos en un tubo en el que los nervios internos se forman mediante una operación de extracción en frío. Finalmente, la patente de Estados Unidos N.º 3.292.408, que se expidió a J. R. Hill, se dirige a un método para formar tubos nervados internamente en el que el tubo está provisto de una hendidura helicoidal asimétrica para facilitar la retirada de la herramienta de formación del tubo.

A pesar de la existencia de estas enseñanzas de la técnica anterior, existe la necesidad de un método nuevo y mejorado para proporcionar tubos de caldera con una superficie interior nervada. Estos métodos de la técnica anterior que se han empleado para este fin tienen notables desventajas y pueden ser relativamente caros de emplear.

Una desventaja en el uso de estos métodos y aparatos de la técnica anterior es la dificultad para retirar de manera exitosa el miembro de formación del tubo después de completar el proceso de deformación de metal. Generalmente, un miembro que tiene una configuración externa predeterminada, tal como un patrón helicoidal, se inserta en el tubo, y después el tubo se reduce en diámetro de manera que el patrón helicoidal en el miembro se forma en la pared interior del tubo. Para retirar este miembro del tubo es necesario, debido al hecho de que la superficie interior del tubo se ha deformado para volverse esencialmente un complemento exacto de la superficie externa del miembro, desatornillar virtualmente el miembro del tubo para realizar la retirada del primero de este último. El grado de dificultad al realizar la retirada del miembro del tubo depende de la longitud del miembro que se ha insertado en el

tubo, y la extensión relativa en la que el patrón formado en la pared de tubo interior es un verdadero complemento del patrón formado en la superficie externa del miembro antes mencionado.

5 Los métodos actuales de fabricar tubos de caldera de nervio de avance único (SLR) y tubos de caldera de nervio de avance múltiple (MLR) a menudo requieren un proceso de deformación mecánico o metalúrgico en el que un tubo liso se extrae sobre un mandril rotativo ranurado. Durante este proceso, la superficie interior lisa del tubo se deforma plásticamente y se obliga progresivamente a adaptarse a la forma del mandril ranurado, produciendo así nervios de avance helicoidales a lo largo de la longitud del tubo. Este proceso de deformación no solo es difícil y costoso, sino que también se limita inherentemente en su capacidad para producir con precisión formas en sección transversal de nervio con el detalle geométrico deseado y con la precisión dimensional requerida. Los procesos metalúrgicos convencionales se limitan en su capacidad de producir ángulos de 40° o más de avance de nervio optimizados.

10 Además, la producción de tubos SLR y MLR de materiales resistentes a la deformación, de alta resistencia y alta temperatura (tal como la aleación 800H), es muy difícil usando métodos de procesamiento de deformación convencionales.

15 El documento EP 01793164 describe un tubo generador de vapor, un método de fabricación del mismo y un generador de vapor de paso continuo. De acuerdo con este documento, el tubo tiene un inserto dispuesto en un espacio interior del tubo para formar un perfil interior. El inserto tiene un conjunto de cables que se enrollan en espiral a lo largo de una pared interior de tubo en la forma de enrollamientos de múltiple inicio. Un ángulo de avance de los cables en oposición a un plano de referencia orientado en perpendicular a un eje de tubo oscila entre 30 y 70 grados. Los cables que descansan en la pared interior se conectan uno con otro mediante varillas de refuerzo radiales y/o con un cable intermedio que se desarrolla a lo largo del eje del tubo. También se menciona un método para fabricar tubos de generador de vapor con un perfil interior.

20 El documento US 2 708 306 describe un método para estriar tubos metálicos. Este documento se refiere a tubos estriados y métodos de producir tales tubos, y más en particular a tubos metálicos estriados de pared fina y métodos para producir tales tubos.

25 El documento US 2002/0112350 describe métodos de fabricación de intercambiador de calor y composiciones de metal de carga de cobresoldadura útiles en su interior, caracterizados por bajas frecuencias de filtrado de níquel. De acuerdo con este documento, se divulgan métodos para la fabricación de conjuntos que incluían componentes de cobresoldadura y en los que se usan metales de carga basados en níquel/cromo en los que los conjuntos fabricados se caracterizan por bajas frecuencias de filtración de níquel y agua en fluidos basados en agua. Más específicamente, se divulgan métodos para la fabricación de un intercambiador de calor u otro conjunto cuyo método incluye una etapa de cobresoldadura, así como una etapa de condicionamiento después de la cobresoldadura para tratar el intercambiador de calor u otro conjunto. Los intercambiadores de calor fabricados y otros conjuntos se describen como particularmente útiles en la manipulación de materiales destinados al consumo humano como agua, bebidas o alimentos ya que los intercambiadores de calor fabricados u otros conjuntos se caracterizan por frecuencias de filtración reducidas de níquel en fluidos que pasan a través del intercambiador de calor. Las composiciones de cobresoldadura útiles en tales conjuntos fabricados también se describen.

#### Sumario

45 Los aspectos y realizaciones particulares se exponen en las reivindicaciones independientes y dependientes adjuntas.

50 Un aspecto se extrae para proporcionar un nuevo y mejorado método de realizar tubos de caldera en el que estos últimos se proporcionan con medios operativos para provocar una perturbación de flujo interno controlada que se realiza en su interior.

Otro aspecto se extrae para proporcionar un método de realizar tubos de caldera en el que estos últimos se proporcionan con superficies de tubo interior que están nervadas.

55 Otro aspecto se extrae de un método para realizar tubos de caldera nervados en el que el patrón nervado a formar en la superficie interior de tubo se establece mediante la envoltura de forma desmontable de un miembro similar a un cable alrededor de la circunferencia de un huso.

60 Otro aspecto adicional se extrae de un método para realizar un tubo de caldera nervado en el que el huso puede retirarse del tubo de caldera dejando el miembro similar a un cable unido a la pared interior del tubo.

Otro aspecto adicional se extrae de un método para realizar un tubo de caldera nervado que está ventajosamente caracterizado por el hecho de que es relativamente barato de utilizar, relativamente simple de emplear y es extremadamente flexible en lo que se refiere a la variedad de diferentes patrones de nervio; es decir, helicoidal, circular, etc., que pueden formarse con el mismo en tubos de caldera.

Por consiguiente, la presente invención puede implicar un método de fabricación de tubos con una superficie interior lisa y una fabricación separada de los miembros de nervio similares a cables, que se forman típicamente a partir de un cable metálico plano no circular. Los miembros de nervio similares a cables pueden ser de sección transversal trapezoidal, pero también pueden ser rectangulares, cuadrados o de alguna otra forma geométrica deseada incluyendo circular. Los nervios se insertan posteriormente y se colocan dentro del tubo liso y se unen por cobresoldadura a la superficie de tubo interior para fijar permanentemente la posición y orientación de los nervios usando un metal de carga basado en níquel y resistente a la corrosión.

Los tubos SLR y MLR y los miembros de nervio similares a cables pueden producirse a partir de una variedad de diferentes materiales metálicos, incluyendo acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones basadas en níquel.

Las diversas características de novedad que caracterizan la invención se señalan con particularidad en las reivindicaciones adjuntas y formando una parte de esta divulgación. Para un mejor entendimiento de la invención, sus ventajas operativas y beneficios específicos logrados por sus usos, se hace referencia a los dibujos adjuntos y la materia descriptiva en la que se ilustran ejemplos.

#### Breve descripción de los dibujos

En los dibujos:

la Figura 1 es una vista lateral de un huso equipado con un canal helicoidal opcional;

la Figura 2 es una vista en alzado lateral de la etapa de envoltura del miembro similar a un cable en el canal helicoidal del huso;

la Figura 3 es una vista en alzado lateral de aplicación de material metálico de carga en la superficie exterior del miembro similar al cable e inserción del huso en un tubo de caldera;

la Figura 4 es una vista en alzado lateral de una superficie interior lisa de una porción de un tubo de caldera; y

la Figura 5 es una vista en alzado lateral de los nervios helicoidales en una porción de un tubo de caldera.

#### Descripción específica

En referencia a los dibujos generalmente, en los que los números de referencia similares indican elementos funcionalmente similares o iguales a través de los varios dibujos, y más particularmente la Figura 5 de los mismos, se representa en su interior un tubo de caldera, generalmente indicado por el número de referencia 20, que a través de la práctica del método del presente ejemplo, con medios operables para realizar una perturbación de flujo interno controlada del fluido que pasa a través del tubo de caldera 20. Más específicamente, el tubo de caldera 20 está provisto de nervios 26 que son helicoidales y funcionan para producir turbulencias dentro del tubo 20 que, a su vez, es operativo para realizar una interrupción del flujo laminar de agua o vapor que fluye a través del tubo 20. Esto promueve una transferencia de calor más eficaz durante la generación de vapor para evitar el sobrecalentamiento del tubo 20, particularmente que surge del estancamiento de las burbujas de vapor formadas durante el hervimiento de formación de núcleo.

De acuerdo con el presente ejemplo, se proporciona un método en el que un huso 100, una porción del cual se ha representado en la Figura 1 de los dibujos, se utiliza en la realización del tubo de caldera 20 nervado helicoidalmente. El huso 100, en el presente ejemplo, está provisto de un canal moldeado helicoidalmente 2 formado en la superficie exterior del huso 100 y que tiene una anchura y profundidad suficiente para acomodar un material de nervio similar a un cable (no se muestra) que se usará para formar los nervios en la superficie interior del tubo. Los canales 2 se orientan helicoidalmente con un ángulo de paso y una configuración correspondiente al ángulo de paso de nervio SLR o MLR deseado.

El huso 100 se dimensiona de manera adecuada para recibirse dentro del tubo de caldera 20. Más específicamente, el huso 100 puede adoptar la forma de cualquier tipo convencional y adecuado de miembro metálico, cerámico, natural o polimérico que sea sustancialmente cilíndrico en configuración, y que sea capaz de utilizarse de la manera de un huso. Como alternativa, los husos sin canales 2 pueden usarse.

Tal como se muestra en la Figura 2, un miembro similar a un cable 6 elásticamente resiliente se enrolla en los canales 2 del huso 100. El miembro similar a un cable 6 puede adoptar la forma de un cable helicoidal o tira plana en espiral tal como se muestra en la Figura 2, o cualquier otro tipo de miembro similar a un cable que sea funcionalmente equivalente al cable helicoidal y la tira plana en espiral. El miembro similar a un cable puede tener una sección transversal cuadrada, rectangular, trapezoidal o cualquier otra y formarse de metal incluyendo, pero sin limitarse a, acero al carbono, acero de aleación baja, acero inoxidable y aleaciones basadas en níquel.

Los extremos 8 del miembro similar a un cable 6 se fijan entonces temporalmente a los extremos 4 del huso 100 con el fin de sujetar el miembro comprimido elásticamente 6 y enrollado dentro del canal helicoidal 2, o la superficie lisa es un canal que no se usa, del huso 100.

5 Con el miembro similar a un cable 6 que se ha enrollado en el canal 2 del huso 100, la siguiente etapa de acuerdo con el método del presente ejemplo, como se muestra en la Figura 3, es aplicar una pasta metálica de carga de cobresoldadura 16 en la superficie exterior del miembro similar a un cable 6. La pasta metálica de carga de cobresoldadura 16, en el presente ejemplo, es una pasta metálica de carga de cobresoldadura que lleva níquel BNi-2; sin embargo, cualquier pasta metálica de carga de cobresoldadura o papel metálico puede usarse. La pasta metálica de carga de cobresoldadura 16 se aplica generalmente mediante su cepillado sobre el miembro similar a un cable 6 o mediante algún otro método conocido para aplicar tal material sobre superficies. Como alternativa, la pasta metálica de carga de cobresoldadura o papel metálico puede aplicarse en el diámetro interior 22 del tubo de caldera 20, o tanto al miembro similar a un cable 6 como al diámetro interior 22 del tubo de caldera 20.

15 En referencia a la Figura 3, la siguiente etapa del método de la presente invención es insertar el huso 100 con el miembro similar a un cable 6 enrollado en el mismo en un tubo de caldera 20 (mostrado en la Figura 4). Los extremos 8 del miembro similar a un cable 6 se liberan, permitiendo que los enrollamientos helicoidales elásticamente resilientes se expandan, se adapten y contacten con la superficie interior lisa 22 del tubo 20, colocando por tanto los nervios helicoidales en preparación para la unión. La pasta metálica de carga de cobresoldadura 16 sirve como lubricante para facilitar el desenrollamiento del miembro similar a un cable 6 y el asentamiento conforme al miembro similar a un cable 6 contra la superficie de tubo interior 22.

Una vez que el miembro similar a un cable 6 se adapta a la pared de tubo interior 22, la siguiente etapa que se realiza de acuerdo con la presente invención es la retirada del huso 100 del interior del tubo de caldera 20.

25 Después de que se retire el huso 100, el miembro similar a un cable 6 se cobresolda para fijar permanentemente su posición y orientación dentro del tubo 20. La cobresoldadura del miembro similar a un cable 6 y a la superficie interior 22 del tubo 20 podría realizarse mediante calentamiento del tubo 20 a la temperatura de fusión del metal de carga de cobresoldadura 16 en un horno de transportador de cinta de malla continuo eléctrico o encendido por gas, un horno transportador de fogón de rodillo eléctrico o encendido por gas, un horno de caja eléctrica o encendido por gas, calentamiento de inducción, o cualquier otro medio de aplicación de calor al conjunto.

35 Varios metales de carga de cobresoldadura están disponibles y podrían usarse para unir el miembro similar a un cable a la superficie interior del tubo. Sin embargo, debe reconocerse que los elementos de aleación diferentes en el metal de carga de cobresoldadura BNi-2 (donde Ni= 82,6 %, Cr= 7 %, Fe= 3 %, Si= 4,5 %, B= 2,9 %) juntos descenderán el punto de fusión de la aleación a 1000 °C (1830 °F) (donde, por comparación, el níquel puro se funde a 1400 °C (2551 °F)). Si el tiempo a la temperatura de cobresoldadura con este metal de carga se extiende a aproximadamente 1 hora, la mayoría del boro se difundirá fuera de las juntas de cobresoldadura y en el metal de base del tubo y los nervios del cable. Esto dará como resultado una junta de cobresoldadura terminada integral de Ni-Cr-Si-Fe con una alta resistencia, una resistencia a la corrosión mejorada y debido a la difusión de boro, un punto de fusión superior (normalmente aproximadamente 1260 °C (2300 °F)) que el metal de carga de cobresoldadura original. Por consiguiente, BNi-2 es un ejemplo de material que es particularmente adecuado para la unión de los nervios de cable a la superficie interior de tubos que están destinados para el funcionamiento a altas temperaturas.

45 Después de la refrigeración del tubo 20, se proporciona de acuerdo con el método del presente ejemplo un tubo de caldera 20 que tiene un patrón nervado helicoidal formado en la pared interior 22 del mismo. Puede hacerse referencia a la Figura 5 del dibujo para una ilustración de tal tubo de caldera 20 que incorpora un patrón nervado helicoidal 26. Debe apreciarse que el método de la presente invención no se limita al patrón nervado helicoidal, sino que puede formar diferentes patrones nervados en la superficie interior del tubo de caldera.

50 El coste de realizar los tubos de caldera SLR y MLR usando el nuevo método descrito antes es competitivo con el coste de realizar tubos de caldera convencionales SLR y MLR usando técnicas de procesamiento de deformación de metal. El uso de este método de fabricación proporciona una mayor flexibilidad en el diseño SLR y MLR ya que los parámetros tal como las formas de sección transversal del nervio y los ángulos de avance del nervio no se limitan por limitaciones en la producción de nervios integrales a través del procesamiento de deformación de metal. Esta mayor flexibilidad permite el desarrollo de un diseño único de los tubos de caldera SLR y MLR, tal como secciones transversales complejas que no pueden lograrse con los medios de deformación de la técnica anterior, que mejoran el rendimiento con costes de producción disminuidos. Además, la producción de tubos SLR y MLR a partir de materiales de alta temperatura, alta resistencia y resistentes a la deformación, (tal como la aleación 800H) es muy difícil usando métodos de procesamiento de deformación convencionales.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para formar unos nervios en una pared interior de un miembro tubular (20) que comprende las etapas de:

5 proporcionar un huso (100) que tiene un diámetro menor que el diámetro interior del miembro tubular, teniendo el huso un canal helicoidal (2) que se extiende por una longitud del huso;  
enrollar de manera compresiva un miembro similar a un cable (6) helicoidalmente a lo largo de la longitud del huso, teniendo el miembro similar a un cable una sección transversal de cuadrilátero;  
10 unir temporalmente un extremo del miembro similar a un cable al huso para evitar que el extremo del miembro similar a un cable se desacople del huso;  
aplicar una pasta de cobresoldadura (16) que lleva níquel BNi-2 sobre una superficie exterior del miembro similar a un huso;  
insertar el huso con el miembro similar a un cable enrollado en el mismo en el interior del miembro tubular;  
15 liberar la compresión del miembro similar a un cable enrollado de manera compresiva;  
extraer el huso del miembro tubular dejando por tanto el miembro similar a un cable en el miembro tubular de manera que el miembro similar a un cable se expanda para adaptarse a la superficie interior del miembro tubular;  
y  
20 calentar el miembro tubular a una temperatura que es al menos el punto de fusión de la carga de cobresoldadura que lleva níquel BNi-2 fundiendo por tanto la pasta de cobresoldadura que lleva níquel BNi-2 para unir el miembro similar a un cable a una superficie interior del miembro tubular.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el miembro similar a un cable tiene una sección transversal rectangular.

25 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el miembro similar a un cable tiene una sección transversal trapezoidal.

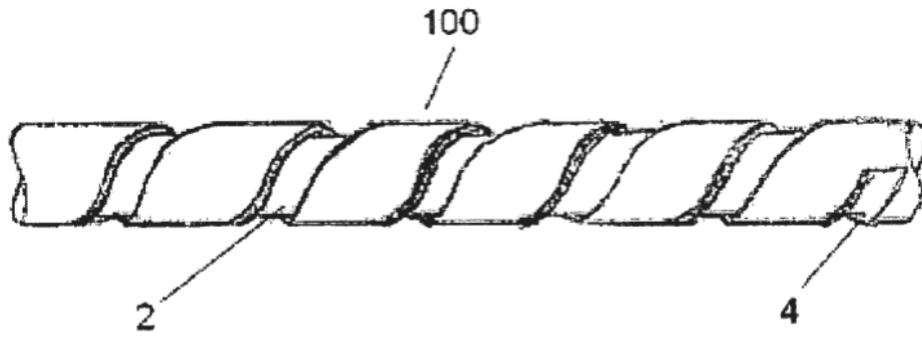


FIG. 1

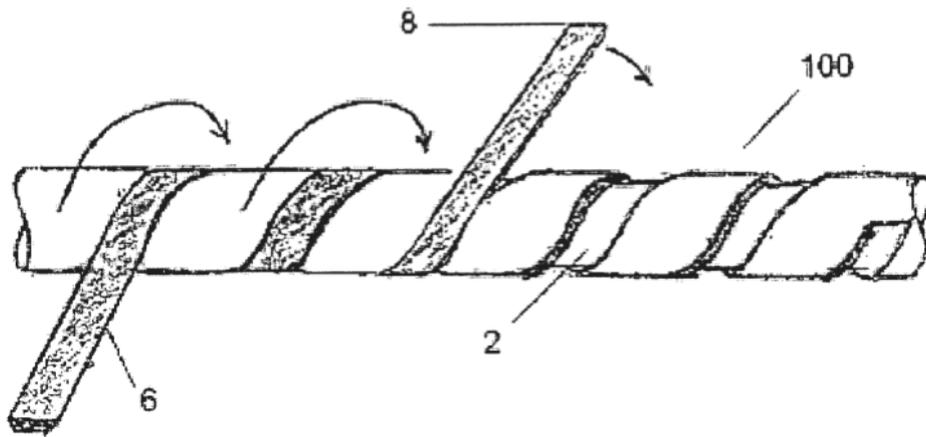


FIG. 2

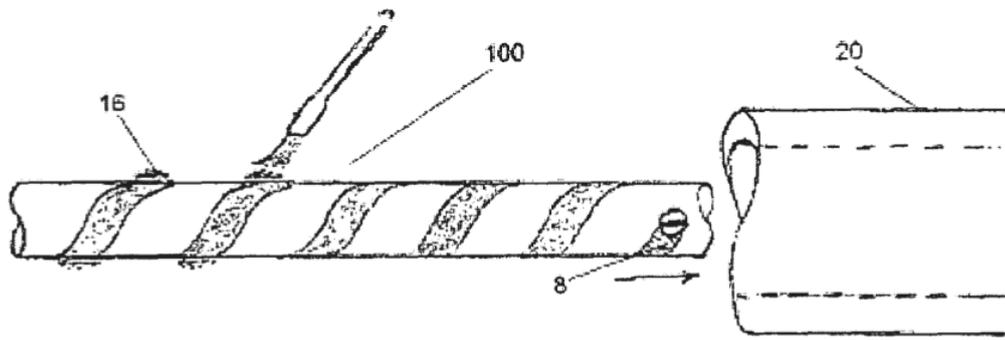


FIG. 3

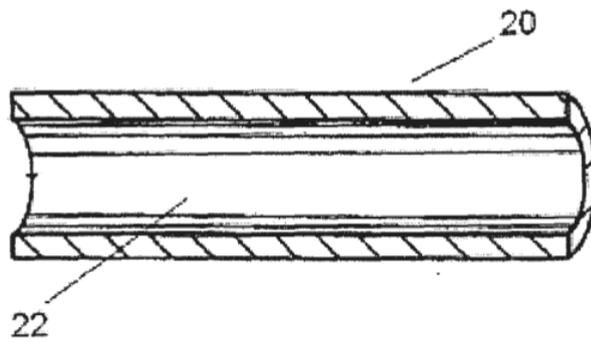


FIG. 4

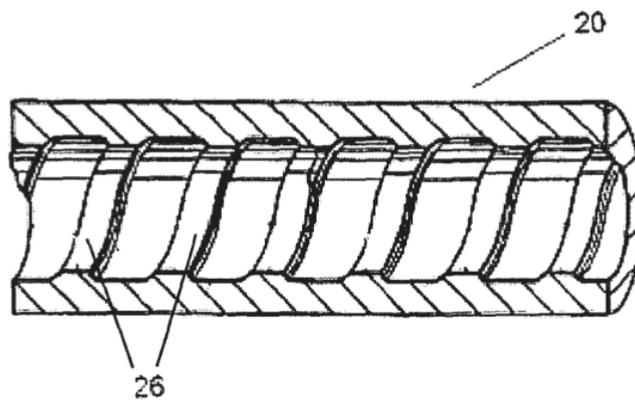


FIG. 5