

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 253**

51 Int. Cl.:

F16L 11/12 (2006.01)

F16L 9/00 (2006.01)

B29C 53/58 (2006.01)

B01J 8/06 (2006.01)

B29C 53/14 (2006.01)

B29C 47/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2004 E 04721592 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2013 EP 1611386**

54 Título: **Sistema de tuberías helicoidal**

30 Prioridad:

18.03.2003 GB 0306179

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

19.06.2013

73 Titular/es:

**TECHNIP FRANCE S.A.S. (100.0%)
6-8 ALLEE DE L'ARCHE FAUBOURG DE
L'ARCHE ZAC DANTON
92400 COURBEVOIE, FR**

72 Inventor/es:

**CARO, COLIN GERALD y
WATKINS, NICHOLAS V.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 408 253 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

Sistema de tuberías helicoidal.

La presente invención está relacionada con sistemas de tuberías para el transporte de fluidos en un craqueador petroquímico entre el horno de craqueado, a través de la torre de enfriamiento y al compresor de gas craqueado.

- 5 Ya se sabe que un fluido puede fluir en un "flujo en remolino", y este flujo se menciona en el documento WO 97/28637, en el contexto de tuberías forzadas y tubos de aspiración para las turbinas. El flujo en remolino se consigue mediante la formación de tuberías forzadas o tubos de aspiración de tal manera que sus líneas centrales se curvan en tres dimensiones.
- 10 El flujo en remolino tiene varias ventajas sobre el flujo convencional. Mediante remolinos se pueden reducir las pérdidas de presión (y las pérdidas de energía). Además, el perfil de velocidad del flujo a través de la tubería es más uniforme (o más contundente) de lo que sería con un flujo convencional. Como resultado, el fluido que fluye en un flujo en remolino tiende a actuar como un émbolo, eliminando los sedimentos o la suciedad que puedan haberse acumulado en las paredes de las tuberías, que es particularmente importante en una central hidroeléctrica.
- 15 En el documento WO 02/093063 se mencionan tuberías que tienen curvas tridimensionales también similares, que describe el preámbulo de la reivindicación 1, en la que se utilizan en el contexto de plantas de producción y de procesamiento. En este tipo de plantas, a menudo es necesario que las tuberías que conectan diferentes partes de la planta se extiendan a cierta distancia, y tengan una serie de curvas. La formación de las curvas de modo que tengan curvatura en tres dimensiones promueve el flujo en remolino, y lleva a una reducción de las pérdidas de energía, la reducción del riesgo de estancamiento y la sedimentación.
- 20 Sin embargo, estos documentos de la técnica anterior sólo están interesados en usar curvas tridimensionales en lugar de las conocidas curvas de dos dimensiones (tales como codos), para inducir el flujo en remolino. No están interesadas en la creación de flujo en remolino en situaciones en las que normalmente se utilizaría una tubería generalmente recta.
- 25 Una posible manera de crear un flujo en remolino en una tubería recta sería formar surcos o nervaduras a lo largo de la superficie interior de la tubería, dichas ranuras o nervaduras se curvan a lo largo de la tubería (muy similar al estriado del cañón de un fusil). Sin embargo, esto tiene la desventaja de aumentar el perímetro mojado de la tubería y en el caso de las nervaduras, la reducción del área en sección transversal de la tubería; los surcos y las nervaduras pueden llevar a una mayor resistencia al flujo y la consiguiente pérdida de presión.
- 30 Además, la experimentación ha demostrado que a menos que el número de Reynolds sea muy bajo, los surcos o las nervaduras sólo tienen efecto sobre el flujo cerca de la pared de la tubería, y puede que sea necesario proporcionar una tubería larga con el fin de asegurarse de que el flujo crea remolino a lo largo de toda la anchura de la tubería. El remolino en el centro de la tubería se logra únicamente mediante transferencia por difusión del momento desde el flujo en la pared de la tubería; los surcos o las nervaduras no facilitan la mezcla del fluido cerca de la pared de la tubería y el fluido en el centro de la tubería.
- 35 A partir del documento US-A-5 167 483 se sabe cómo proporcionar sistemas de tuberías que comprenden una parte en donde la línea central de la parte sigue un recorrido sustancialmente helicoidal. El documento GB-A-2 192 966 describe un método para hacer sistemas de tuberías que comprenden una parte en donde la línea central de la parte sigue un recorrido sustancialmente helicoidal, el método incluye las etapas de proporcionar un aparato de conformación y conformar la tubería hasta una forma helicoidal utilizando el aparato de conformación.
- 40 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un craqueador petroquímico según la reivindicación 1.
- 45 Cuando el fluido entra en un trozo de tubería conformada como una parte helicoidal de esta manera, se establece un flujo en remolino casi de inmediato. Se ha encontrado que el flujo en remolino se establece a través de toda la anchura de la tubería a menos de unos pocos diámetros de tuberías de la entrada. Además, el flujo en remolino conlleva un considerable movimiento secundario y la mezcla del fluido, con transferencia de masa, momento y calor entre el fluido en las paredes de la tubería y el fluido en el centro de la tubería.
- En esta memoria descriptiva, la amplitud de la hélice se refiere a la magnitud del desplazamiento desde una posición media a un extremo lateral. Por lo tanto, en el caso de tubos con una línea central helicoidal, la amplitud es la mitad de toda la anchura lateral de la línea central helicoidal. El área en sección transversal de los tubos es sustancialmente constante a lo largo de su longitud.
- 50 En el craqueador petroquímico con tuberías según el primer aspecto de la invención, hay una "línea de visión" a lo largo del paso interno de la tubería. Esto es distinto de una configuración de tipo sacacorchos, en la que la hélice se enrolla efectivamente alrededor de un núcleo (ya sea sólido, o "virtual" con un núcleo de aire). Se ha encontrado que el flujo en la línea de visión tiene generalmente un componente de remolino, a pesar de que podría seguir un recorrido recto.

5 A los efectos de esta memoria descriptiva, el término "amplitud relativa" de la tubería helicoidal se define como la amplitud dividida por el diámetro interior. Dado que la amplitud de la tubería helicoidal es menor o igual a la mitad del diámetro interior de los tubos, esto significa que la amplitud relativa es menor o igual a 0,5. Pueden preferirse amplitudes relativas menores o iguales a 0,45, 0,40, 0,35, 0,30, 0,25, 0,20, 0,15, 0,05 o 0,1. Las amplitudes relativas menores proporcionan un mejor uso del espacio lateral disponible, porque el sistema de tuberías no es mucho más ancho en total que una tubería normal recta con la misma área en sección transversal. Las amplitudes relativas menores también tienen como resultado una "línea de visión", que proporciona más espacio para la inserción de los manómetros u otros equipos a lo largo del sistema de tuberías. Con mayores números de Reynolds, se pueden utilizar amplitudes relativas más pequeñas mientras se induce flujo en remolino en un grado satisfactorio. Esto generalmente significa que, para un determinado diámetro interior, cuando hay un alto caudal se puede utilizar una amplitud relativa baja mientras todavía es suficiente para inducir un flujo en remolino.

10 El ángulo de la hélice también es un factor relevante para equilibrar las consideraciones espaciales con la conveniencia de tener una gran área en sección transversal disponible para el flujo. El ángulo de la hélice es preferiblemente menor o igual a 65°, más preferiblemente menor o igual a 55°, 45°, 35°, 25°, 20°, 15°, 10° y 5°. Al igual que con las amplitudes relativas, el ángulo de la hélice puede ser optimizado en función de las condiciones, y en particular la viscosidad, la densidad y la velocidad del fluido transportado por el sistema de tuberías.

15 En general, para mayores números de Reynolds el ángulo de hélice puede ser más pequeño mientras se consigue un satisfactorio flujo en remolino, aunque con menores números de Reynolds se necesitará un mayor ángulo de hélice para producir un remolino satisfactorio. El uso de mayores ángulos de hélice para flujos más rápidos (con mayores números de Reynolds) por lo general será indeseable, ya que cerca de la pared puede haber huecos de fluido estancado. Por lo tanto, para un determinado número de Reynolds (o intervalo de números de Reynolds), el ángulo de hélice se elegirá preferiblemente para que sea lo más bajo posible para producir un remolino satisfactorio. En ciertas realizaciones, el ángulo de hélice es inferior a 20°.

20 En general, el sistema de tuberías tendrá una pluralidad de vueltas de la hélice. Las repetidas vueltas de la hélice a lo largo del sistema de tuberías tenderán a asegurar que el flujo en remolino se desarrolle completamente.

25 Las longitudes de los sistemas de tuberías se realizarán normalmente con la misma amplitud relativa y ángulo de la hélice a lo largo de su longitud; sin embargo, uno de ellos o ambos pueden variar. Además, la parte helicoidal puede extenderse a lo largo de toda la longitud del sistema de tuberías, o puede extenderse solo a lo largo de una parte de él, para "acondicionar" el flujo y simplificar la conexión del sistema de tubería con otras tuberías.

30 El sistema de tuberías puede extenderse en general linealmente (es decir, el eje de rotación helicoidal puede ser una línea recta). Sin embargo, el eje puede ser curvo, para producir una tubería curvada en general. La curva del eje puede ser en dos dimensiones o en tres dimensiones; si es tridimensional, entonces es importante asegurar que el remolino creado por la curva tridimensional aumenta el remolino creado por los sistemas de tuberías helicoidales.

35 Según un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para hacer sistemas de tuberías y utilizar el sistema de tuberías en un craqueador petroquímico según la reivindicación 13.

Este método tiene la ventaja de producir directamente una parte helicoidal a partir de materias primas, y evita la necesidad de conformar una tubería recta formada previamente. También puede producir longitudes continuas de tubería helicoidal.

40 En una forma preferida, el aparato de conformación comprende un miembro rotatorio, cuyo eje de rotación es generalmente paralelo al eje de extrusión, dicho miembro rotatorio tiene un agujero en el mismo a través del cual pasa el tubo, el agujero está situado de modo que su centro está desplazado del eje de rotación, el miembro rotatorio es impulsado para rotar cuando el tubo pasa a través de él para impartir una forma helicoidal a la tubería, y en donde el agujero del miembro rotatorio está situado de modo que el eje de rotación pasa a través del agujero, para producir una parte helicoidal en donde la amplitud de la hélice es menor o igual a la mitad del diámetro interior del sistema de tuberías y es relativamente constante a lo largo de la parte.

45 El uso de este aparato de conformación permite que la geometría de la tubería sea variada de varias maneras. Por ejemplo, la velocidad de la extrusora se puede aumentar o reducir, como la velocidad de rotación del miembro rotatorio. Además, se pueden utilizar diferentes miembros rotatorios, con el orificio en posiciones diferentes.

50 Ahora se describirán unas realizaciones preferidas de la invención, solo a modo de ejemplo y haciendo referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La Figura 1 es una vista de tubos utilizados en experimentos en el flujo en una parte helicoidal;

La Figura 2 es una vista similar a la de la Figura 1 pero relativa a un experimento diferente;

La Figura 3 ilustra un método para la fabricación de una tubería helicoidal;

Las Figuras 4a a 4e ilustran otro método para la fabricación de una tubería helicoidal; y

Las Figuras 5a a 5c ilustran otro método para la fabricación de una tubería helicoidal.

El tubo 10 mostrado en la Figura 1 tiene una sección transversal circular y un diámetro exterior D_E , un diámetro interior D_I y un grosor de pared T . El tubo está enroscado en una hélice de una amplitud constante A (medida desde la media al extremo), un paso constante P , un ángulo de hélice constante Θ y una anchura de barrido W . El tubo 10 está contenido en una envolvente imaginaria 20 que se extiende longitudinalmente y tiene una anchura igual a la anchura de barrido W de la hélice.

La envoltura 20 puede considerarse como que tiene un eje longitudinal central 30, al que también se puede hacer referencia como un eje de rotación helicoidal. El tubo ilustrado 10 tiene un eje recto 30, pero se apreciará que este eje en cambio puede tener un gran radio de curvatura (ya sea en dos o tres dimensiones). El tubo tiene una línea central 40, que sigue un recorrido helicoidal alrededor del eje longitudinal central 30.

Se puede ver que la amplitud A es menor que la mitad del diámetro interior D_I del tubo. Al mantener la amplitud por debajo de este tamaño, el espacio lateral ocupado por el tubo y la longitud total del tubo puede mantenerse relativamente pequeña, mientras que al mismo tiempo la configuración helicoidal del tubo promueve el flujo en remolino del fluido a lo largo del tubo.

Se llevaron a cabo una serie de experimentos utilizando tubos de poli(cloruro de vinilo) con una sección transversal circular, para establecer las características del flujo en una parte helicoidal.

Ejemplo 1

Haciendo referencia a los parámetros que se muestran en la Figura 1, el tubo tiene un diámetro exterior D_E de 12 mm, un diámetro interior D_I de 8 mm y un grosor de pared T de 2 mm. El tubo fue enrollado en una hélice con un paso P de 45 mm y un ángulo de hélice Θ de 8° . La amplitud A se estableció por descanso de los tubos entre dos orillas rectas y midiendo el espacio entre las orillas rectas. La amplitud se determinó restando el diámetro exterior D_E de la anchura de barrido W :

$$2A = W - D_E$$

Por lo tanto:

$$A = \frac{W - D_E}{2}$$

En este ejemplo, la anchura de barrido W es de 14 mm, de forma que:

$$A = \frac{W - D_E}{2} = \frac{14 - 12}{2} = 1 \text{ mm}$$

Como se ha comentado anteriormente, la "amplitud relativa" A_R se define como:

$$A_R = \frac{A}{D_I}$$

En el caso de este ejemplo, por lo tanto:

$$A_R = \frac{A}{D_I} = \frac{1}{8} = 0,125$$

Se hizo pasar agua a lo largo del tubo. Con el fin de observar las características del flujo, se utilizaron dos agujas 80 y 82 pasando radialmente a través de la pared del tubo para inyectar tinta visible en el flujo. Los lugares de inyección estaban cerca del eje central 30, es decir, en el "núcleo" del flujo. Una de las agujas 80 inyectó tinta roja y la otra aguja 82 tinta azul. En la Figura 1 se puede ver que los filamentos de tinta 84 y 86 se entrelazan, lo que indica que en el núcleo hay flujo en remolino, es decir que por lo general es helicoidal. El experimento mostrado en la Figura 1 se llevó a cabo con un número de Reynolds R_E de 500. En dos experimentos adicionales, respectivamente, utilizando números de Reynolds de 250 y 100, también se observó un flujo en remolino.

Ejemplo 2

Los parámetros para este Ejemplo son los mismos que en el Ejemplo 1, excepto que las agujas 80 y 82 se dispusieron para soltar los filamentos de tinta 84 y 86 cerca de la pared del tubo. La Figura 2 muestra los resultados de dos experimentos con liberación de tinta cerca de la pared, con números de Reynolds R_E de 500 y 250 respectivamente. Puede verse que en ambos casos los filamentos de tinta siguen la geometría de tubo helicoidal, lo que indica remolino cerca de la pared.

Ejemplo 3

En un estudio independiente, se comparó el flujo en un tubo recto de 8 mm de diámetro interior con el de un tubo helicoidal de 8 mm de diámetro interior, en el que la amplitud relativa A_R fue de 0,45. En ambos casos, el número de Reynolds fue de 500 y se inyectaron 0,2 ml de indicador como un bolo a través de un tubo delgado en el extremo aguas arriba. Se fotografiaron los flujos junto con un reloj digital para indicar el tiempo transcurrido después de la inyección del indicador.

El bolo de indicador, inyectado en la parte helicoidal, tenía una dispersión axial limitada a lo largo de la tubería, tendiendo a permanecer coherente. Por contra, en un tubo recto, el indicador en el núcleo fluido (cerca del centro de la tubería) salió rápidamente del tubo, mientras que en el indicador en el fluido cerca de las paredes tendió a permanecer en las paredes de la tubería, y tardó más tiempo en salir de la tubería. Por otra parte, el indicador viajó en una masa más compacta en el tubo helicoidal que en el tubo recto. Todos estos hallazgos implican que hubo mezcla en la sección transversal del tubo y una reducción en el perfil de velocidad en el tubo helicoidal.

Ejemplo 4

Los experimentos de este Ejemplo implicaban una comparación de flujos de múltiples fases en tubos helicoidales que tenían una línea central que seguía en general un recorrido sinusoidal en un solo plano. En el caso de los tubos helicoidales (cuya línea central se curva en tres dimensiones, es decir, tubos 3D), el diámetro interior era de 8 mm, el diámetro exterior era de 12 mm y la anchura de barrido era de 17 mm, lo que da una amplitud relativa de 0,3125. El paso era de 90 mm. En el caso de tubos planos con forma de onda (cuya línea central se curva en dos dimensiones, es decir, tubos 2D), el diámetro interior era de 8 mm, el diámetro exterior era de 12 mm, y la anchura de barrido, medida en el plano de la forma de onda, era de 17 mm. El paso era de 80 mm, no significativamente diferente del caso de los tubos 3D. El tubo 2D se mantuvo con su línea central generalmente sinusoidal en un plano vertical, creando de hecho curvas en U cóncavas y convexas hacia arriba.

Tanto los tubos 3D como los 2D tenían una longitud de aproximadamente 400 mm, lo que da unos pasos de 4 a 5 en cada caso. Con ambos tubos se realizaron estudios con flujos de agua de 450 y 900 ml por minuto (números de Reynolds de 1200 y 2400 respectivamente). Se utilizó una aguja para introducir en todos los casos un caudal de aire a una velocidad de 3 ml por minuto, es decir el 0,66% del caudal de agua en el caso de 450 ml por minuto y el 0,33% en el caso de 900 ml por minuto. El aire venía de una tubería de aire comprimido y se inyectó en los tubos justo aguas arriba del inicio de las respectivas geometrías 3D y 2D.

En el caso del experimento con los tubos 3D con número de Reynolds 1200, las burbujas de aire tenían un tamaño de aproximadamente 2 a 3 mm y se pasaron rápidamente a lo largo del tubo. Con número de Reynolds 2400, las burbujas eran más grandes, aproximadamente 5 a 7 mm, pero seguían moviéndose a lo largo del tubo sin tendencia a pegarse.

En el caso de tubos 2D con números de Reynolds de 1200 y 2400, las burbujas eran grandes, aproximadamente 3 a 5 mm, y tendían a pegarse en las curvas convexas hacia arriba (tal como se ve desde fuera del tubo).

El experimento muestra que en un flujo de múltiples fases el fluido menos denso es transportado a lo largo del tubo 3D, mientras que en el tubo 2D equivalente el fluido menos denso tiende a acumularse en las partes más altas del tubo.

Como se ha mencionado anteriormente, cuando el fluido entra en un trozo de tubería conformada como una parte helicoidal de esta manera, se establece muy rápidamente un flujo en remolino. Además, el flujo en remolino conlleva un considerable movimiento secundario y la mezcla del fluido, con transferencia de masa entre el fluido en las paredes de la tubería y el fluido en el centro de la tubería.

Este rápido establecimiento de flujo en remolino en la parte helicoidal puede utilizarse para "acondicionar" el flujo, para proporcionar efectos beneficiosos aguas abajo de la parte helicoidal.

Como se mencionó anteriormente, el uso de un tubo que tiene una curva tridimensional puede ser mejor que usar un codo normal (bidimensional), ya que el flujo en remolino establecido por la curva tridimensional proporciona ciertos beneficios. No obstante, normalmente no es posible reemplazar simplemente un codo por una tubería que tenga una curva tridimensional; las tuberías de entrada y de salida de un codo están normalmente en el mismo plano, que no es el caso con una tubería que tiene una curva tridimensional. De este modo, si se va a utilizar una tubería que tiene

una curva tridimensional en lugar de un codo, puede ser necesaria una considerable modificación para colocar la tubería de entrada y/o de salida.

5 Sin embargo, los beneficios de un flujo en remolino se pueden lograr con mucha menos modificación si aguas arriba de un codo normal se instala una parte helicoidal como la descrita anteriormente. El flujo en remolino se establece rápidamente en la parte helicoidal, y este flujo en remolino continúa en el codo.

Dado que la parte helicoidal tiene una amplitud baja, puede ser utilizada en la mayoría de lugares en que se utiliza una tubería recta, para "acondicionar" de esta manera el flujo para proporcionar los beneficios del flujo en remolino. Cabe señalar que su uso no se limita a codos; también se puede usar antes de intersecciones de tipo T o de tipo Y, válvulas y cualquier otra forma de conexión de tuberías.

10 El acondicionamiento del flujo de esta manera es particularmente útil antes de un extremo ciego. Los extremos ciegos pueden producirse en intersecciones de tipo T o de tipo Y en las que una de las ramas de la intersección está cerrada (por ejemplo, por medio de una válvula). Con flujo normal, el fluido que se encuentra en la parte de la rama antes del cierre tiende a estancarse, lo que puede conducir a problemas de corrosión y similares. Sin embargo, si se crea remolino en el flujo antes de la intersección, el remolino se extiende al extremo ciego. Esto evita el estancamiento, y evita los problemas antes mencionados.

15 Una manera adicional para usar las partes helicoidales para acondicionar el flujo es utilizarlas como repetidores. En determinadas situaciones, puede que no sea necesario proporcionar una longitud continua de tubería helicoidal; en cambio, una tubería recta puede tener una serie de partes helicoidales cortas dispuestas a lo largo de su longitud. Cada parte inducirá un flujo en remolino en el fluido que pasa a través de ella; sin embargo, este flujo en remolino tiende a desaparecer a medida que el fluido pasa a lo largo de la tubería recta. Proporcionar varios "repetidores" permite que se vuelva a establecer el flujo en remolino, con sus consiguientes beneficios.

20 Las partes helicoidales de tubería de este tipo se pueden realizar de varias maneras. Por ejemplo, un tubo flexible recto se puede envolver alrededor de un miembro rígido recto (como un poste), para conformarlo como una hélice. El tubo se puede extraer luego del miembro rígido recto y estirarse a lo largo del eje de la hélice. Este estiramiento tiene el efecto de "achatamiento" de la hélice, porque se aumenta el paso y se disminuye la amplitud. Sin embargo, este "achatamiento" puede distorsionar la hélice, y, por lo tanto, este método no es el preferido.

25 Como una alternativa a deformar una tubería recta para producir una parte helicoidal, es posible conformar la parte helicoidal directamente durante la extrusión de la tubería. Un aparato para hacer esto se muestra esquemáticamente en la Figura 3.

30 Como puede verse, el aparato incluye una extrusora convencional 200 de tuberías que extruye tuberías rectas 210. Tales extrusoras son bien conocidas, y no se describirán más.

35 Aguas abajo de la salida de la extrusora se dispone un aparato 220 que comprende de un miembro rotatorio 222, que tiene un agujero pasante 224. El agujero pasante está colocado de manera excéntrica, de tal manera que el centro de rotación del miembro rotatorio se encuentra dentro del agujero pasante, pero no coincide con el centro del agujero pasante. El miembro rotatorio se mantiene de modo que el eje del agujero pasante sea paralelo al eje de la tubería que se está extruyendo, y que es impulsado para rotar. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante dientes de la periferia exterior del miembro rotatorio que se acoplan con un engranaje sin fin 226, o mediante cualquier otro sistema impulsor adecuado.

40 La tubería 210 extruida desde la extrusora es conducida a través del agujero pasante 224, y a medida que la tubería es extruida, 222 el miembro rotatorio es impulsado para rotar. Como resultado de esta rotación, el centro del agujero pasante es impulsado para describir un recorrido circular, que a su vez fuerza a la tubería que está siendo extruida hasta una forma helicoidal. Como el agujero pasante se superpone al centro de rotación del miembro rotatorio, la tubería se forma con una hélice de pequeña amplitud 230, como se describe más arriba.

45 Una vez que la tubería tiene la forma de la hélice, puede ser tratada para mantener su forma. En la práctica, la tubería puede extruirse de un material termoplástico, y a medida que se enfría se le da la forma de hélice. Este enfriamiento puede lograrse mediante pulverizadores de agua o similar.

Puede que sea necesario proporcionar algún tipo de lubricación para asegurar que la tubería termoplástica no se atasca en el agujero pasante. En particular, puede que sea necesaria la lubricación para asegurar que la tubería no se somete a torsión a medida que pasa a través del miembro rotatorio.

50 La forma particular de la hélice obtenida dependerá de varios factores, en particular la velocidad de extrusión, la velocidad de rotación del miembro rotatorio y la excentricidad del agujero pasante. Estos pueden ser variados para obtener una determinada forma deseada de tubería helicoidal.

Un método particularmente preferido para la formación de una parte helicoidal implica en el uso de un mandril helicoidal, y se ilustra en las Figuras 4a a 4e.

La Figura 4a es una ilustración esquemática de un mandril helicoidal para el uso en este método. El mandril consiste en una varilla rígida, en forma de hélice. En la realización mostrada, el paso y la amplitud de la hélice son constantes a lo largo de la longitud del mandril, pero pueden variar.

5 Con el fin de formar una parte helicoidal, una longitud de tubería flexible recta 310, cuyo diámetro externo es mayor que el diámetro interior del mandril 300, se enrolla alrededor del mandril 300, como se muestra en la Figura 4b. Debido a que la tubería es más ancha que el espacio dentro del mandril, se ve forzada a adoptar una forma helicoidal, como puede verse en la Figura.

Después de haber sido tratada para mantener su forma helicoidal, la tubería puede ser retirada del mandril, tal como se muestra en las Figuras 4c y 4d.

10 Como puede verse, el paso de la parte helicoidal es el mismo que el paso del mandril. La amplitud de la parte helicoidal será determinada por el diámetro de la tubería y del mandril.

15 La descripción anterior se refiere a un método de procesamiento por lotes para formar la parte helicoidal; pero este método se presta también a un funcionamiento continuo. Una longitud continua de tubería flexible se puede extraer a través de una longitud relativamente corta del mandril y puede ser tratada para conservar su forma a medida que se extrae (por ejemplo, por calentamiento de una tubería formada a partir de una resina termoendurecible).

El experimento ha demostrado que la tubería rota con respecto al mandril cuando se extrae de esta manera. De este modo, puede que sea necesario algún tipo de lubricación para permitir un funcionamiento uniforme del proceso. Para tuberías y mandriles muy grandes, puede ser deseable proporcionar rodamientos de rodillos en el mandril, en lugar de lubricación.

20 La Figura 4e es una sección transversal esquemática a través de la tubería 310 y el mandril 300 cuando se extrae la tubería. Como el mandril helicoidal se ve de frente a lo largo de su eje, aparece como un círculo; similarmente, la tubería (que tiene una sección transversal circular) también aparece como un círculo en la Figura. Se puede ver que el mandril hace contacto con el exterior de la tubería, en el punto 320, y por lo tanto el mandril puede ser soportado desde abajo sin interferir con el proceso de extracción.

25 El mandril puede formarse de cualquier manera adecuada, y el método de formación del mandril dependerá en gran medida del tamaño de las tuberías que se tratan.

Para tuberías relativamente pequeñas, el mandril podría estar formado por bobinado de una varilla alrededor de un miembro con una sección transversal circular. Para tuberías de mayor tamaño, puede ser necesario mecanizar el mandril, por ejemplo, usando una máquina de fresado CNC.

30 Los métodos descritos anteriormente están limitados a ciertos materiales (tales como materiales termoplásticos y termoendurecibles). Sin embargo, estos materiales tienden a tener una resistencia bastante baja, y probablemente no serán adecuados para su uso en entornos más extremos, tales como en alta mar, o cuando se transportan fluidos a presión muy alta. Si en tales situaciones se va a utilizar una tubería helicoidal de amplitud pequeña, entonces debe conformarse de una manera diferente.

35 Una manera de formar una hélice de amplitud pequeña para el uso en situaciones de alta presión se ilustra con referencia a las Figuras 5a, 5b y 5c.

40 Un conocido método para formar tuberías rectas de alta presión es formarlas a partir de un gran número de secciones cortas, cada una de las cuales es en realidad una tubería muy corta. Cada sección tiene una brida a sus extremos aguas arriba y aguas abajo, y estas bridas cooperan entre sí para sujetar juntas las secciones. En la técnica anterior, los extremos de las secciones se encuentran en planos paralelos, y, por tanto, cuando las secciones están conectados entre sí la tubería resultante es recta.

45 Sin embargo, los segmentos también pueden formarse de manera que sus extremos se encuentren en planos que son un poco oblicuos. Un segmento 400 de este tipo tendrá un lado (S_L) que es ligeramente más largo que el lado diametralmente opuesto (S_S), como se muestra en la Figura 5a, y que se pueden ensamblar para formar tuberías curvadas y tuberías helicoidales como se describe anteriormente.

Para producir una tubería 410 con una curva de dos dimensiones a partir de secciones de tubería con extremos oblicuos, las secciones se conectan de modo que el lado más largo de una sección se conecta con el lado más largo de la sección anterior, con los lados más cortos conectándose del mismo modo entre sí. Como se muestra en la Figura 5b, esto produce una tubería con una curva de dos dimensiones.

50 Para producir una tubería helicoidal 420, las secciones se conectan entre sí de una manera similar, pero cada sección se hace rotar ligeramente respecto a la sección anterior.

Esto se muestra en la Figura 5c, que muestra una tubería helicoidal formada a partir de dichas secciones. En el lado izquierdo de la tubería, los lados más largos S_L se muestran en las primeras secciones, y se verá que hay una

rotación relativa entre las secciones. La cantidad de rotación relativa determina el paso de la hélice, una pequeña rotación relativa produce una hélice con un pequeño ángulo de hélice y un gran paso, y una gran rotación relativa produce una hélice con un gran ángulo de hélice y un pequeño paso.

5 Se apreciará que por lo menos uno de los extremos de la tubería será algo elíptico, en lugar de perfectamente circular (ya que el extremo se forma por la intersección de un plano que corta un cilindro con un ángulo respecto el eje del cilindro que no es exactamente de 90°). En una forma preferida, ambos extremos se forman de modo que son elípticos, puesto que esto facilita la formación de una curva de dos dimensiones (ya que las caras elípticas en cualquiera de los extremos de los segmentos pueden coincidir con los demás).

10 Con el fin de permitir que las secciones se ensamblen para formar una hélice, es necesario que haya un cierto grado de cumplimiento en las caras extremas, de modo que puedan dar cabida a una ligera rotación y/o cambio de forma entre las caras extremas que se conectan entre sí. Esto se puede conseguir de cualquier manera adecuada, por ejemplo por medio de un material elastomérico en las caras extremas.

15 En una serie de situaciones se pueden aprovechar los efectos producidos por el flujo en remolino en la parte helicoidal y, en particular, el perfil de velocidad más uniforme y una mejor mezcla. Además, como la anchura total de la parte helicoidal es sólo ligeramente mayor que la tubería recta de la misma área en sección transversal, la parte helicoidal puede ser usada virtualmente en cualquier situación en la que normalmente se utilizaría una tubería recta.

20 Además, debido a un perfil de velocidad más uniforme y la mejor mezcla entre el fluido en la pared de la tubería y el fluido en el centro de la tubería, el tiempo de residencia del fluido en la tubería es mucho más uniforme. Esta es una gran ventaja si el fluido en la tubería se va a tratar de alguna manera (por ejemplo, calentado, refrigerado, irradiado, etc.), ya que los efectos del tratamiento sobre el fluido serán más uniformes. Por el contrario, en una tubería normal en la que el flujo en el centro de la tubería es más rápido que en las paredes de la tubería, el tiempo de residencia puede variar (dependiendo de si el fluido se encuentra cerca del centro o cerca de la pared). De este modo, el fluido cerca de las paredes será tratado en un mayor grado que el fluido en el centro de la tubería, debido a su mayor tiempo de residencia. Esto puede verse en la exposición del Ejemplo 3.

25 Otra ventaja del movimiento secundario y la mezcla asociada con el flujo en remolino en una hélice es la inhibición del desarrollo de inestabilidad del flujo y el remolino; esto se ha demostrado experimentalmente.

30 Las partes helicoidales de tubería se utilizan en craqueadores petroquímicos. Muchos procesos de craqueado producen más moléculas que están presentes en la materia prima, y la producción depende de un medio ambiente a baja presión para evitar que las moléculas se recombinen. Esto se logra mediante el enfriamiento de los productos de una torre de enfriamiento, y minimizando la pérdida de presión entre el horno de craqueado, a través de la torre de enfriamiento, al compresor de gas craqueado (ya que la producción es inversamente proporcional a la pérdida de presión). El uso de las partes helicoidales en lugar de tuberías rectas puede reducir la pérdida de presión, y de este modo aumentar la producción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un craqueador petroquímico que comprende un horno de craqueado, una torre de enfriamiento, un compresor de gas craqueado y sistemas de tuberías, los sistemas de tuberías comprenden una parte helicoidal de tubería situada entre el horno de craqueado, a través de la torre de enfriamiento, al compresor de gas craqueado, caracterizado porque la línea central (40) de la parte de sistema de tuberías helicoidales sigue un recorrido helicoidal, la amplitud (A) de la hélice es igual o inferior a la mitad del diámetro interior (D_i) de la parte helicoidal del sistema de tuberías para proporcionar una línea de visión a lo largo del paso interno de la parte del sistema de tuberías.
- 10 2. Un craqueador petroquímico según la reivindicación 1, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías tiene una pluralidad de vueltas de la hélice.
3. Un craqueador petroquímico según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías tiene una amplitud variable y/o un ángulo de hélice variable a lo largo de su longitud.
4. Un craqueador petroquímico según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías tiene sustancialmente la misma amplitud y ángulo de hélice a lo largo de su longitud.
- 15 5. Un craqueador petroquímico según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías se extiende a lo largo de toda la longitud del sistema de tuberías.
6. Un craqueador petroquímico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías sólo se extiende a lo largo de parte del sistema de tuberías.
- 20 7. Un craqueador petroquímico según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el eje (30) de rotación helicoidal es una línea recta.
8. Un craqueador petroquímico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el eje de rotación helicoidal es curvo.
9. Un craqueador petroquímico según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías tiene una sección transversal sustancialmente circular.
- 25 10. Un craqueador petroquímico según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque la amplitud de la hélice es menor o igual a 0,4 del diámetro interior (D_i) de la parte de sistema de tuberías.
11. Un craqueador petroquímico según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el ángulo de la hélice es menor o igual a 15° .
- 30 12. Un craqueador petroquímico según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque la parte de sistema de tuberías tiene una superficie interior sin ranuras ni nervaduras.
13. Un método para hacer sistemas de tuberías y utilizar el sistema de tuberías en un craqueador petroquímico que comprende un horno de craqueado, una torre de enfriamiento y un compresor de gas craqueado, el sistema de tuberías está situado entre el horno de craqueado, a través de la torre de enfriamiento, al compresor de gas craqueado, y que comprende una parte en donde la línea central (40) de la parte de sistema de tuberías sigue un recorrido helicoidal y la amplitud (A) de la línea central helicoidal (40) es menor o igual a la mitad del diámetro interior (D_i) de la parte de sistema de tuberías, el método para hacer el sistema de tuberías incluye las siguientes etapas:
- 35 proporcionar una extrusora (200) para extruir una tubería recta (210);
- 40 proporcionar un aparato de conformación (220) aguas abajo de dicha extrusora para la conformación del tubo extruido en una forma helicoidal de tal manera que la amplitud (A) de la línea central helicoidal (40) es menor o igual a la mitad del diámetro interior (D_i) de la parte de sistema de tuberías;
- y extruir un tubo recto desde la extrusora y conformar el tubo hasta la forma helicoidal (230) utilizando el aparato de conformación.
- 45 14. Un método según la reivindicación 13, caracterizado porque el aparato de conformación (220) comprende un miembro rotatorio (222), cuyo eje de rotación es generalmente paralelo al eje de extrusión, dicho miembro rotatorio tiene un agujero (224) en el mismo a través del cual pasa el tubo, en donde el agujero (224) en el miembro rotatorio (222) está situado de modo que el eje de rotación pasa a través del agujero pero está desplazado del desde del agujero, para producir una parte helicoidal en donde la amplitud de la hélice es menor o igual a la mitad del diámetro interior del sistema de tuberías y es relativamente constante a lo largo de la longitud de la parte.
- 50

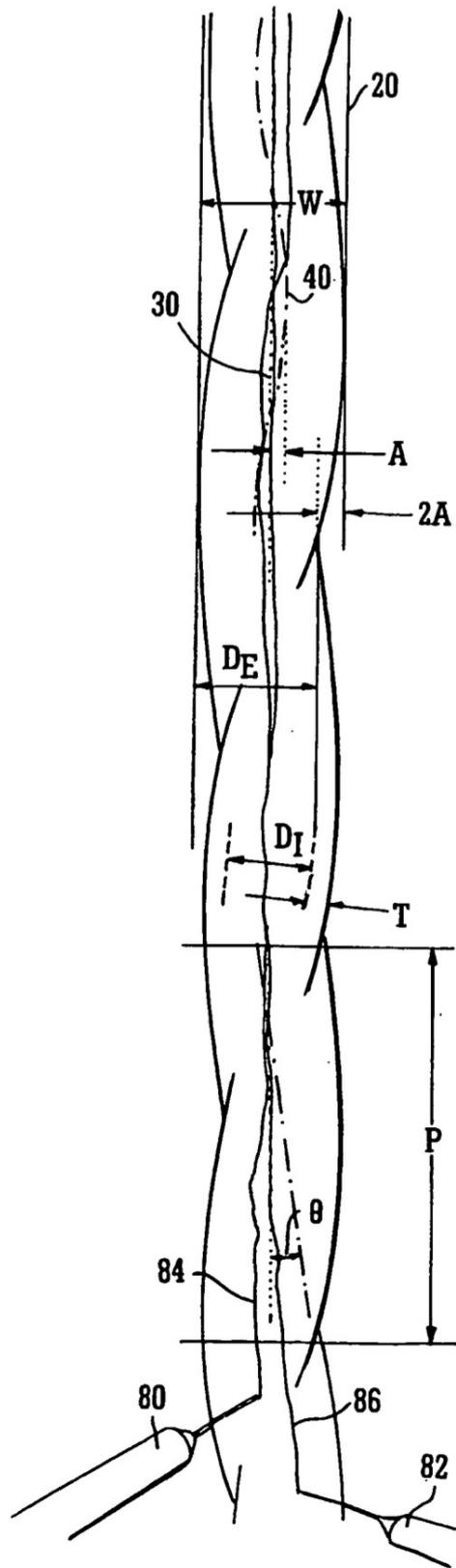
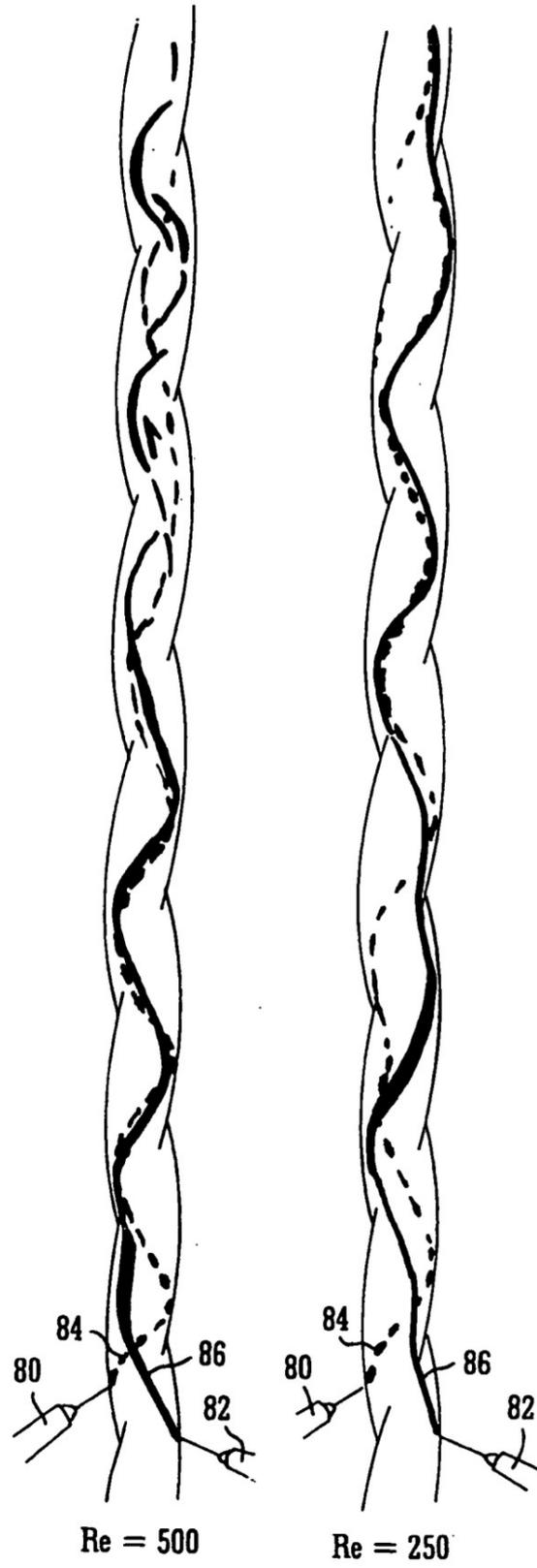
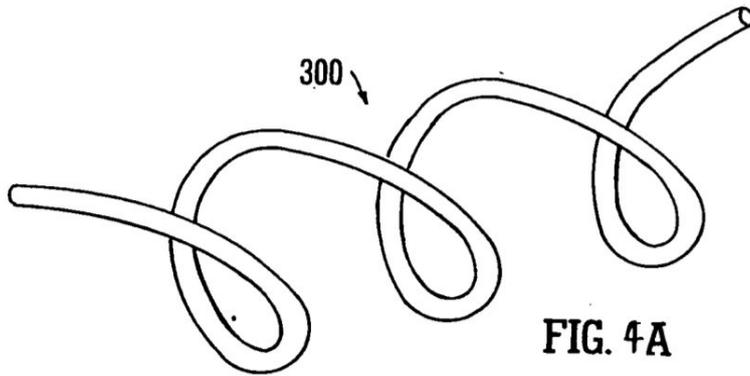
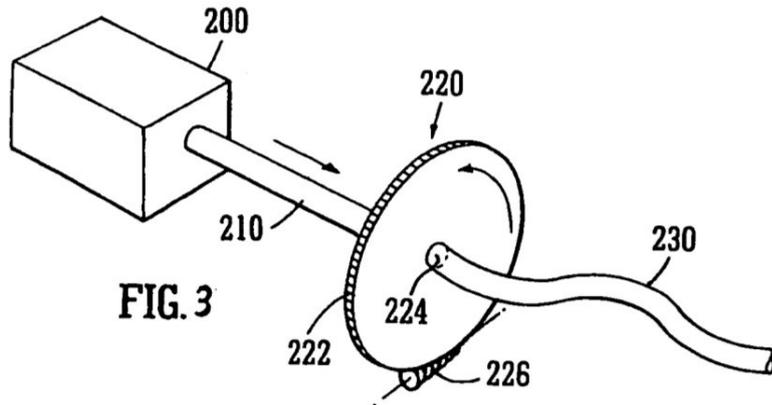


FIG. 1





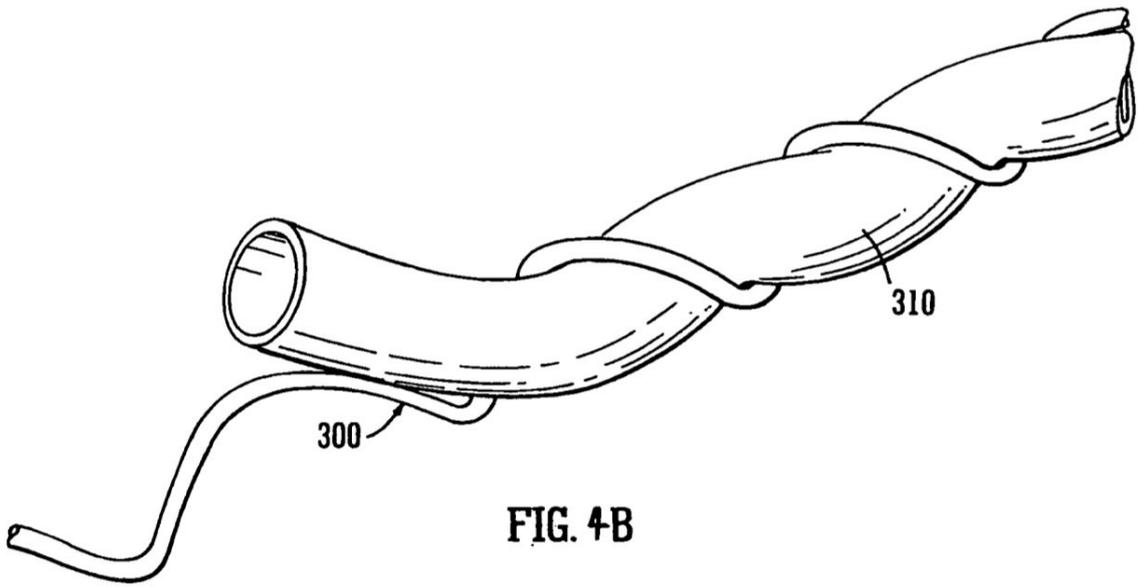
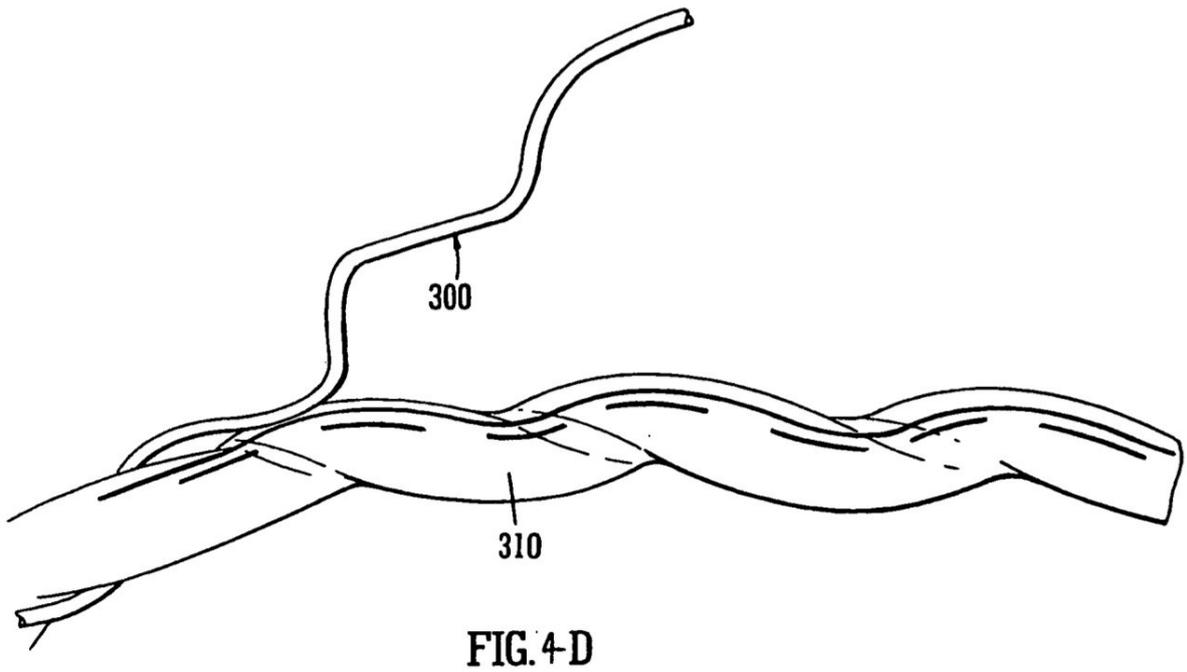
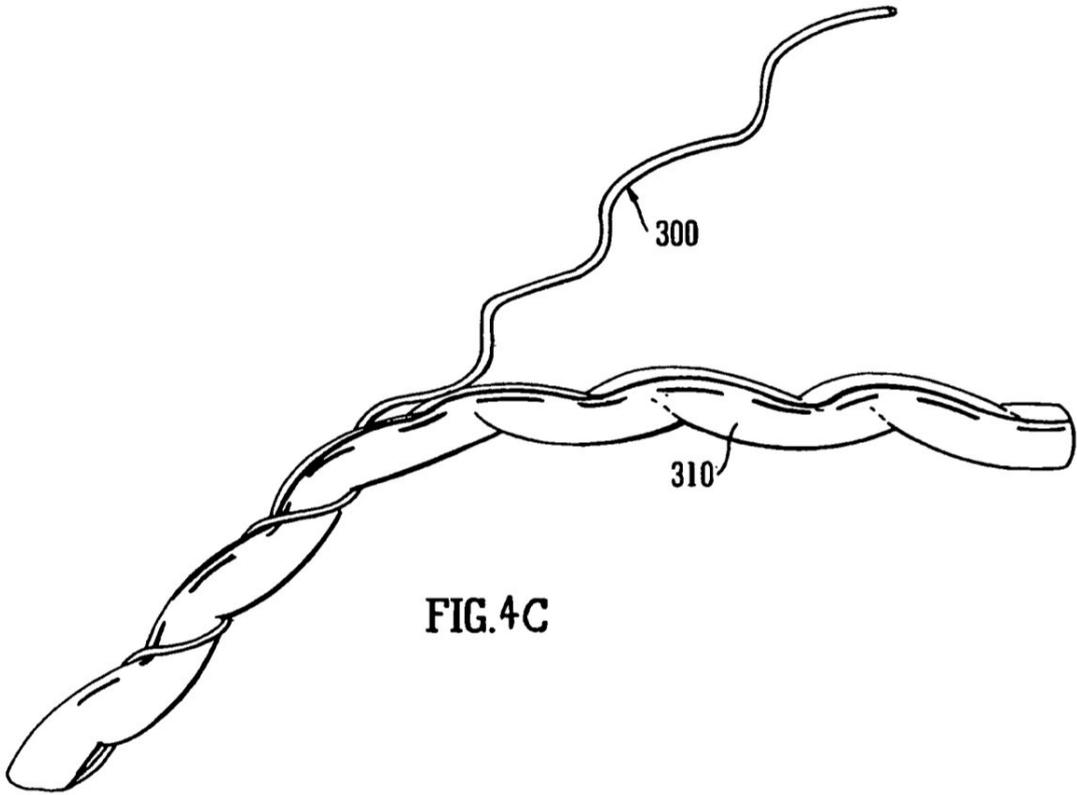


FIG. 4B



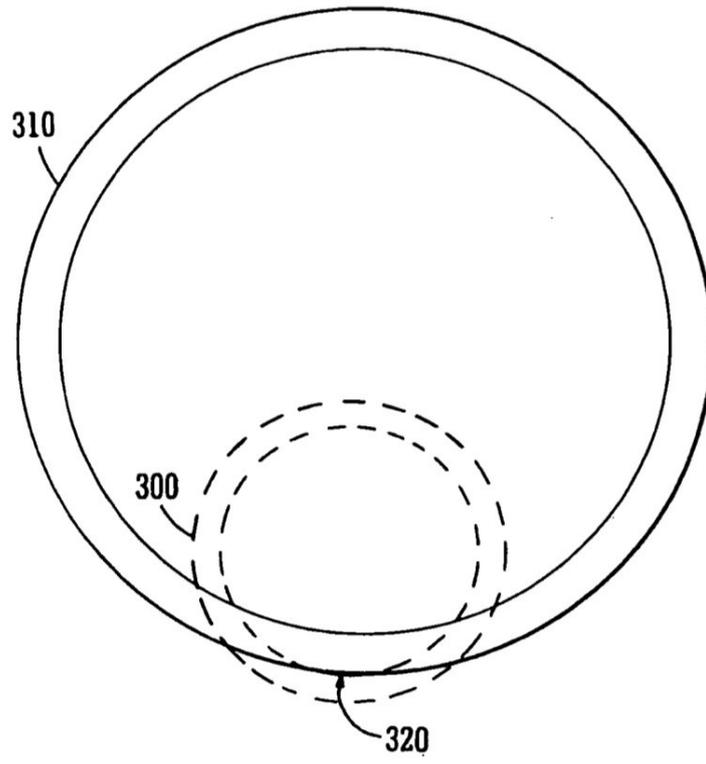


FIG. 4E

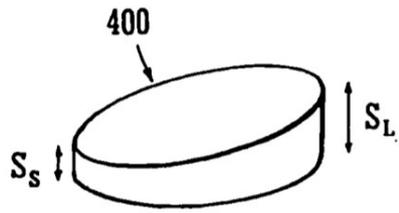


FIG. 5A

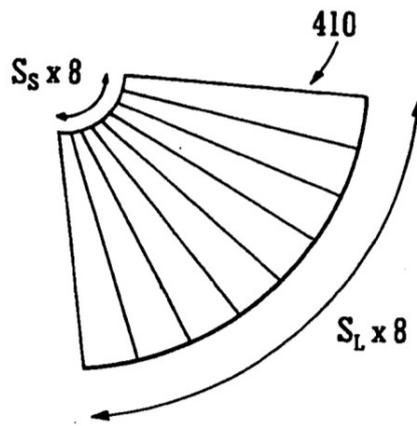


FIG. 5B

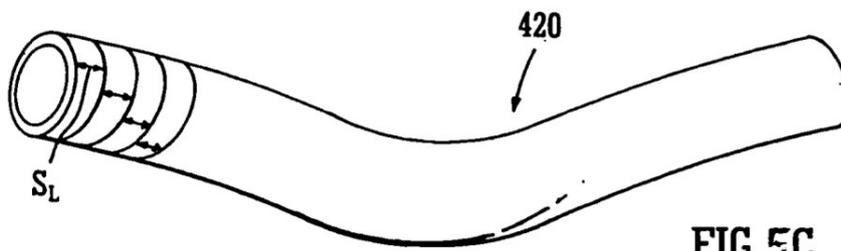


FIG. 5C