

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 546**

51 Int. Cl.:

**F28F 1/42** (2006.01)

**B21C 37/20** (2006.01)

**F28D 7/16** (2006.01)

**F28F 1/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2016 PCT/EP2016/078809**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17108330**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2016 E 16810268 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2023 EP 3394550**

54 Título: **Intercambiador de calor de carcasa y tubos, tubos con aletas para dicho intercambiador de calor y método correspondiente**

30 Prioridad:

**23.12.2015 IT UB20159298**

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

**22.06.2023**

73 Titular/es:

**BREMBANA & ROLLE S.P.A. (100.0%)  
Via Villino, 1  
24030 Valbrembo (BG), IT**

72 Inventor/es:

**ROTTOLI, MARCO y  
GARAVAGLIA, MARCELLO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 944 546 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**

Intercambiador de calor de carcasa y tubos, tubos con aletas para dicho intercambiador de calor y método correspondiente

5 La presente invención se refiere a un método para fabricar tubos con aletas provistos de un sistema particular de aletas. El documento US 5 933953 A divulga un tubo con aletas de este tipo.

10 Los intercambiadores de calor del tipo de carcasa y tubos son intercambiadores de calor industriales de tipo conocido y consisten esencialmente en un haz de tubos colocados dentro de una camisa de contención (carcasa), generalmente cilíndrica. En condiciones de funcionamiento circulan dos fluidos por el intercambiador de calor: un primer fluido, preferentemente el más caliente, o el más corrosivo, o con mayor coeficiente de ensuciamiento, circula por el interior de los tubos (flujo del "lado del tubo"), mientras que un segundo fluido circula en el espacio delimitado por la superficie interna de la carcasa y por las superficies externas de los tubos (flujo del "lado de la carcasa").

15 Los deflectores transversales ("diafragmas"), generalmente de chapa metálica, generalmente están presentes en el interior de la carcasa con el doble propósito de soportar el haz de tubos y generar turbulencia en el fluido del lado de la carcasa para aumentar el coeficiente de transferencia de calor.

20 Con referencia a la figura 3, los deflectores transversales están hechos de placas de chapa metálica que ocupan una parte de la sección interna del intercambiador de calor 10, produciendo un camino tortuoso (como lo representan las flechas en la figura 3) del fluido en el lado de la carcasa, que tiene componentes longitudinales y sobre todo transversales con respecto al eje del intercambiador de calor 10; este tipo de diafragma configura la solución convencional clasificada según el estándar TEMA comúnmente adoptado a nivel internacional.

25 En intercambiadores de calor longitudinales, un ejemplo de los cuales, del tipo EMBaffle® (deflector de metal expandido), se representa en las figuras 1 y 2, el fluido del lado de la carcasa fluye en una dirección sustancialmente rectilínea (por ejemplo, como lo representan las flechas en la figura 2), generalmente en contracorriente con el fluido del lado del tubo, y sustancialmente paralelo al eje del intercambiador de calor 1.

30 El flujo de fluido en el lado de la carcasa también puede tener una tendencia helicoidal, por ejemplo, como se representa en la figura 4. En este caso, un cierto número de diafragmas, hechos de rejillas estampadas, están colocados dentro del intercambiador de calor 100 e inclinados para poner el fluido en el lado de la carcasa en movimiento giratorio durante su avance a través del intercambiador de calor 100, produciendo así el movimiento helicoidal conjunto del fluido en el lado de la carcasa, esquematizado por las flechas de la figura 4.

35 Un problema típico que se presenta en los intercambiadores de calor de tipo TEMA convencional viene dado por el depósito de material sólido transportado por el fluido, o que se forma por precipitación sobre los diafragmas o esquinas muertas en el recorrido del fluido por el lado de la carcasa. El depósito de material sólido puede causar una disminución en el coeficiente de transferencia de calor, lo que resulta en una disminución en el rendimiento del intercambiador de calor. Además, la presencia de material sólido depositado en el interior del intercambiador de calor puede causar una distribución desigual del flujo de fluido en el lado de la carcasa y, por lo tanto, puede conducir a un empeoramiento del rendimiento del intercambiador de calor.

45 En el campo de los intercambiadores de calor, en particular de los intercambiadores de calor de tipo industrial, se conoce el uso de tubos provistos de aletas superficiales para aumentar la superficie de intercambio de calor. En el caso de intercambiadores de calor de carcasa y tubos, dependiendo de si se desea aumentar el rendimiento del lado de la carcasa o del lado de los tubos, el tubo puede estar provisto de aletas en su superficie exterior o en su superficie interior. En casos particulares, se utiliza un tubo con aletas en ambas superficies.

50 En los intercambiadores de calor convencionales (con flujo principal transversal del tipo representado en la figura 3), las aletas normalmente utilizadas son transversales al tubo, para maximizar el intercambio de calor con el componente principal del flujo de fluido en el lado de la carcasa. En un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos (del tipo representado en las figuras 1 y 2), estas aletas transversales (es decir, con un ángulo de avance  $\alpha=90^\circ$ ) perderían eficiencia.

También se conocen tubos provistos de aletas helicoidales, o tubos en los que el ángulo de avance de la aleta tiene una componente en dirección longitudinal respecto al eje del tubo ( $\alpha < 90^\circ$ ).

60 Los métodos actualmente conocidos para fabricar tubos con aletas helicoidales emplean una combinación de varias herramientas para maximizar el número de aletas helicoidales. Sin embargo, las tecnologías conocidas de fabricación de tubos aleteados adolecen de una limitación en su aplicación, en función de las características del material con el que se fabrica el tubo, limitando así la gama de materiales sobre los que se pueden fabricar las aletas.

65 De hecho, en presencia de tubos de aleación con mayor resistencia mecánica (es decir, aceros inoxidables y dúplex), la componente de fuerza longitudinal que actúa sobre el tubo durante la formación de la aleta, no repartible

uniformemente entre las herramientas, provoca, debido al endurecimiento progresivo del material causado por la acción de las herramientas en sucesión, deslizamiento sistemático de la herramienta con mayor carga fuera del perfil durante la fabricación. Esto da como resultado daños en la herramienta y la necesidad de reemplazarla con frecuencia, con los consiguientes daños en términos de coste directo de la herramienta y falta de producción debido a las paradas de la máquina.

Para minimizar el efecto de endurecimiento que dificulta, si no imposibilita, la obtención de determinadas alturas de aleta en presencia de aceros aleados (inoxidables y superiores), normalmente se somete el tubo a un recocido entre dos mecanizados posteriores, con un notable aumento de los costes del proceso de producción del tubo.

En base a estas consideraciones, el objetivo principal de la presente invención es proporcionar un método para la fabricación de tubos con aletas que permita la fabricación de tubos provistos de aletas helicoidales ( $\alpha < 90^\circ$ ) incluso cuando dichos tubos están fabricados con materiales de alta resistencia mecánica.

Un objeto más de la materia objeto de la presente invención es proporcionar un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos, y un tubo con aletas para intercambiadores de calor, que sea altamente fiable y fácil de fabricar a costes competitivos.

Este objetivo, y estos y otros objetos que serán más evidentes a continuación, se logran con un método como se define en las reivindicaciones.

De hecho, se ha observado que un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos así concebido tiene una serie de características y propiedades que permiten solucionar los inconvenientes y problemas descritos anteriormente.

En particular, se ha visto que la presencia de aletas helicoidales permite un aumento sustancial del coeficiente de transferencia de calor en el lado de la carcasa, mejorando así el rendimiento del intercambiador de calor.

La presencia de roturas o interrupciones en el perfil de la aleta, debido a los surcos helicoidales producidos como se describe a continuación, permite crear una superficie tridimensional que aumenta aún más el área de transferencia de calor con respecto a la aleta inicial. La superficie final obtenida es mayor en un factor de 3,0-4,0, pudiendo llegar incluso a un factor de 4,5, respecto al tubo liso inicial.

Además, como se explicará mejor a continuación, debido al método particular de fabricación de los tubos con aletas, método que también constituye el objeto de la presente invención, es posible utilizar en los intercambiadores de calor de la presente invención tubos con aletas fabricados con materiales con alta resistencia mecánica, por ejemplo, aceros aleados, tales como cobre-níquel, aceros inoxidables, dúplex o titanio, que son críticos por las razones expuestas anteriormente.

De hecho, hasta la fecha no se conocen intercambiadores de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos provistos de tubos, en particular tubos hechos de materiales de alta resistencia mecánica, en cuya superficie exterior están dispuestas aletas helicoidales bajas.

Para los objetos de la presente invención, se entiende por "aletas bajas" aquellas con una altura H inferior a aproximadamente 2 mm y preferentemente entre 0,5 y 1,5 mm.

El ángulo de avance  $\alpha$  de las aletas es generalmente  $< 80^\circ$ , y preferentemente  $15^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ , más preferentemente  $20^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ , siendo este último el mejor rango para obtener el compromiso óptimo entre altura de aleta y densidad, como se puede comprobar experimentalmente.

Como se describirá mejor a continuación, las interrupciones en el perfil de la aleta pueden obtenerse sometiendo el tubo a dos operaciones de aleteo en secuencia inmediata realizadas con diferentes ángulos de avance.

El tubo se somete, con una primera herramienta de aleteo/ranurado, a una primera operación de mecanizado de ranura que produce una aleta con un ángulo de avance  $\beta$ , de poca profundidad, preferentemente  $\leq 0,5$  mm, para limitar el endurecimiento del material. Se realiza una segunda operación principal de aleteo sobre el tubo así ranurado para realizar las propias aletas con un ángulo de avance  $\alpha$ .

De esta forma, las aletas principales se fabrican sobre una superficie que ya tiene crestas y ranuras. El método utiliza ángulos de avance y pasos para la primera herramienta de aleteo/ranurado y para la herramienta principal de aleteo de manera que el resultado del mecanizado de la herramienta principal es aumentar la altura de la aleta terminada con respecto a lo que se puede obtener a partir de una superficie lisa circular normal.

En particular, la operación de mecanizado de la aleta principal se realiza según un plano inclinado un ángulo  $\alpha_2$  con respecto al eje longitudinal del tubo, mientras que la operación de mecanizado de aletas/ranuras se realiza según un plano inclinado un ángulo  $\alpha_1$  con respecto al eje longitudinal del tubo. El ángulo relativo entre los dos planos de

mecanizado (ángulo de ataque) se elige sobre la base de un compromiso entre el mayor aumento obtenible en la altura de la aleta y el mayor número de interrupciones obtenibles por unidad de longitud medida según el eje longitudinal del tubo.

5 Por lo tanto, el ángulo de inclinación está entre  $0^\circ$  (máximo aumento de altura y sin interrupción) y  $90^\circ$  (mínimo aumento de altura y máximo efecto de interrupción). Preferiblemente, el ángulo de inclinación está entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$ , según las necesidades. De esta forma se obtiene tanto el aumento de altura de las aletas finales respecto al mecanizado único como, al mismo tiempo, la interrupción deseada.

10 El hecho de que los dos mecanizados ranura/aleta se realicen casi simultáneamente permite minimizar el efecto del endurecimiento, que de otro modo haría muy difícil obtener el resultado de aumento de altura de las aletas con aceros aleados (inoxidables y superiores), sin someter el tubo a un recocido entre dos mecanizados posteriores como se ha mencionado anteriormente, con el consiguiente aumento de costes.

15 En el intercambiador de calor de carcasa y tubos según la presente invención, el ángulo relativo entre dicho primer ángulo de avance  $\alpha$  y dicho segundo ángulo de avance  $\beta$  está preferentemente entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , y más preferentemente entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$ .

20 La aleta interrumpida así obtenida puede extenderse por toda la superficie del tubo o por porciones de cualquier longitud, dejando las porciones restantes lisas. Esta característica es útil cuando se utilizan tubos con codos en forma de U, para no debilitar la sección curva, conservando su resistencia mecánica en aplicaciones particulares.

25 En el caso de intercambiadores de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos de tipo EMbaffle®, esta característica es particularmente útil ya que la porción lisa facilita el posicionamiento estable del deflector; por esta razón, los intercambiadores de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención pueden estar provistos ventajosamente de tubos en los que las porciones con aletas se alternan con porciones lisas.

30 Para mejorar el coeficiente de transferencia de calor también en el lado de los tubos, el intercambiador de calor de carcasa y tubos según la presente invención está ventajosamente provisto de tubos que pueden equiparse con aletas interiores obtenidas mediante la realización de ranuras en la superficie interna.

35 En otro aspecto de la misma, la presente invención también se refiere a un método para fabricar un tubo con aletas utilizando una máquina que comprende un primer conjunto de trabajo y al menos un conjunto de soporte. El primer conjunto de trabajo comprende una primera herramienta giratoria de aleteo/ranurado y una segunda herramienta giratoria de aleteo montadas en secuencia en el mismo eje de accionamiento. La primera herramienta giratoria de aleteo/ranurado está provista de un primer perfil de trabajo helicoidal que tiene un primer ángulo de avance  $\alpha_1$ , mientras que la segunda herramienta giratoria de aleteo está provista de un segundo perfil de trabajo helicoidal que tiene un segundo ángulo de avance  $\alpha_2$ , con  $\alpha_2 \neq \alpha_1$ .

40 El método según la presente invención comprende hacer avanzar dicho tubo en un plano definido por dicho conjunto de soporte, formar una primera aleta/ranura (temporal) en dicho tubo por medio de dicha primera herramienta giratoria, formar una segunda aleta (principal) en dicho tubo por medio de dicha segunda herramienta giratoria, siendo la formación de dicha segunda aleta inmediatamente posterior a la formación de dicha primera aleta; además, la altura de dicha primera aleta es generalmente inferior a la altura de dicha segunda aleta.

45 En el caso más frecuente en el que el eje de accionamiento de la primera herramienta giratoria de aleteo/ranurado y de la segunda herramienta giratoria de aleteo sea paralelo al eje longitudinal del tubo, el primer ángulo de avance  $\alpha_1$  tendrá el mismo valor que el segundo ángulo de avance  $\beta$  de dicha primera aleta/ranura (temporal), y el segundo ángulo de avance  $\alpha_2$  tendrá el mismo valor que el primer ángulo de avance  $\alpha$  de dicha segunda aleta (principal).

50 Como se explicó anteriormente, el ángulo relativo (ángulo de ataque) entre dicho primer ángulo de avance  $\alpha_1$  y dicho segundo ángulo de avance  $\alpha_2$  está ventajosamente entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , y preferiblemente entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$ . Además, la primera herramienta giratoria de aleteo/ranurado y la segunda herramienta giratoria de aleteo están configuradas ventajosamente de manera que la altura  $h$  de dicha primera aleta es preferentemente  $\leq 0,5$  mm y la altura  $H$  de dicha segunda aleta es preferentemente  $\leq 2$  mm.

Un tubo con aletas para intercambiadores de calor, en particular para intercambiadores de calor de carcasa y tubos, obtenido utilizando el método descrito en el presente documento también constituye el objeto de la presente invención.

60 En particular, los tubos aleteados de la presente invención están provistos en al menos una parte de su superficie exterior de una pluralidad de aletas bajas, las cuales están dispuestas helicoidalmente sobre la superficie exterior de dicho tubo con un primer ángulo de avance  $\alpha$  y tienen un perfil interrumpido por ranuras helicoidales que tienen un segundo ángulo de avance  $\beta$ , con  $\alpha \neq \beta$ , siendo dicho ángulo de avance  $\alpha$  preferiblemente  $< 80^\circ$ , y más preferiblemente  $15^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ , el ángulo relativo entre dicho primer ángulo de avance  $\alpha$  y siendo dicho segundo ángulo de avance  $\beta$  preferentemente entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , y más preferentemente entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$ , teniendo dichas aletas bajas una altura  $H$  preferentemente  $\leq 2$  mm y más preferentemente entre 0,5 y 1,5 mm.

Otras características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la descripción de realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención, ilustradas a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en el que:

- 5 • La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos;
- La figura 2 muestra una vista esquemática de un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos;
- 10 • La figura 3 muestra una vista esquemática de un intercambiador de calor de flujo tortuoso de carcasa y tubos;
- La figura 4 muestra una vista esquemática de un intercambiador de calor de flujo helicoidal de carcasa y tubos;
- La figura 5 muestra una porción de un tubo con aletas que se puede utilizar en un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención;
- 15 • La figura 6a muestra esquemáticamente la tendencia helicoidal de las aletas de un tubo con aletas que se puede utilizar en un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención;
- La figura 6b muestra esquemáticamente la trayectoria helicoidal de las ranuras que interrumpen el perfil de las aletas de un tubo con aletas que puede ser utilizado en un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención;
- 20 • Las figuras 7a-7c muestran secciones de perfiles alternativos de aletas de un tubo con aletas que se puede utilizar en un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención;
- La figura 8 muestra una porción de tubo con aletas con porciones con aletas alternadas por porciones lisas que se pueden utilizar en un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención;
- 25 • La figura 9 es una vista lateral esquemática de una primera realización de una máquina para implementar el método para fabricar tubos con aletas según la presente invención;
- La figura 10 es una vista frontal esquemática de la máquina de la figura 9;
- La figura 11a ilustra esquemáticamente la formación de una primera aleta/ranura en un tubo con el método para fabricar tubos con aletas según la presente invención;
- 30 • La figura 11b ilustra esquemáticamente la formación de una segunda aleta (principal) en un tubo con el método para fabricar tubos con aletas según la presente invención;
- La figura 12 es una vista lateral esquemática de una segunda realización de una máquina para implementar el método para fabricar tubos con aletas según la presente invención;
- La figura 13 es una vista frontal esquemática de la máquina de la figura 12;
- 35 • La figura 14 muestra una vista esquemática de un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos según la presente invención;
- La figura 15 muestra un detalle del intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos de la figura 14. Con referencia a las figuras adjuntas, un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos de tipo EMBaffle® comprende, en su realización más general, una camisa de contención 101 dentro de la cual un primer fluido puede fluir sustancialmente paralelo al eje longitudinal de dicha camisa 101. Dentro de la camisa de contención 101 se coloca un haz de tubos 2, que son sustancialmente paralelos entre sí y paralelos al eje longitudinal de la camisa 101; la camisa 101 también contiene una pluralidad de deflectores 102 en forma de rejilla transversales al eje longitudinal de dicha camisa 101, soportando dichos deflectores 102 dichos tubos 2.

45 Con referencia particular a la figura 14, un segundo fluido fluye dentro de los tubos 2, generalmente en contracorriente (ver flechas 210) a la dirección de flujo del primer fluido dentro de la camisa 101 (ver flechas 110).

50 Con referencia a la figura 7, una de las características peculiares del intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos 1 de acuerdo con la presente invención viene dada por el hecho de que dichos tubos 2 están provistos en al menos una parte de su superficie exterior con una pluralidad de aletas bajas 21 que se disponen helicoidalmente sobre la superficie exterior de dicho tubo 2 según un primer ángulo de avance  $\alpha$ . Este ángulo de avance  $\alpha$  es generalmente inferior a  $80^\circ$ , y preferentemente entre  $15^\circ$  y  $60^\circ$ , más preferentemente entre  $20^\circ$  y  $45^\circ$ .

55 Otra característica peculiar del intercambiador de calor de flujo longitudinal 1 de carcasa y tubos según la presente invención viene dada por el hecho de que las aletas bajas 21 tienen un perfil interrumpido por ranuras helicoidales 22 que tienen un segundo ángulo de avance  $\beta$ , con  $\alpha \neq \beta$ .

60 Para ilustrar más claramente las características del tubo 2, en las figuras 6a y 6b las aletas y las ranuras se han representado esquemáticamente por separado. También con referencia a la figura 11a, una primera fase de mecanizado del tubo 2 permite bajar la base del tubo (en una cantidad  $h$ ) y elevarla (por la misma cantidad  $h$ ) para producir un perfil corrugado que tiene aletas helicoidales 22 y ranuras helicoidales correspondientes con un ángulo de avance  $\beta$ , como se muestra en la figura 6b. La altura  $h$  con respecto al perfil base es preferentemente inferior a 0,5 mm.

Con referencia ahora a la figura 11b, una segunda fase de mecanizado del tubo 2 permite obtener la aleta final 21 bajando (en una cantidad  $H$ ) y elevando (en la misma cantidad  $H$ ) el perfil ondulado del tubo 2 de la figura 11a según una operación de mecanizado helicoidal con ángulo de avance  $\alpha$  (ver figura 6a).

5 La estructura final de la aleta 21, en altura y en número de interrupciones, dependerá pues de la composición de las dos deformaciones, en particular de las cantidades  $h$  y  $H$ , y sobre los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ . Cuando el ángulo relativo entre  $\alpha$  y  $\beta$  sea cercano a  $0^\circ$  se obtendrá el máximo incremento en la altura de la aleta 21, mientras que cuando sea cercano a  $90^\circ$  se obtendrá el máximo número de interrupciones en el perfil de la aleta 21 debido a la se obtendrán ranuras 22.

10 En cuanto a la "forma" de la aleta 21, ésta puede elegirse a voluntad según las necesidades. Las figuras 7a-7c muestran algunas posibles secciones de la aleta 21, sin limitarse en modo alguno a estas realizaciones.

Con referencia a la figura 8, en una realización preferida del intercambiador de calor de flujo longitudinal 1 de carcasa y tubos según la presente invención, los tubos 2 están provistos de porciones con aletas 20 alternadas con porciones lisas 200. De esta forma, también con referencia a la figura 15, se facilitará el posicionamiento estable del deflector 102.

Con referencia a las figuras 9 y 10, ahora se describirá una primera realización de un método para fabricar un tubo con aletas 2 provisto en al menos una parte de su superficie exterior con una pluralidad de aletas bajas 21. Estas aletas 21 están dispuestas helicoidalmente sobre dicha superficie exterior con un primer ángulo de avance  $\alpha$  y tienen un perfil interrumpido por ranuras helicoidales 22 que tienen un segundo ángulo de avance  $\beta$ .

El método según la invención se lleva a cabo utilizando una máquina 3 que comprende un conjunto de trabajo 30 y al menos un conjunto de soporte 40. El primer conjunto de trabajo 30 comprende una primera herramienta giratoria de aleteo/ranurado 32 y una segunda herramienta giratoria de aleteo 31 montadas en secuencia en el mismo eje de accionamiento 33. El conjunto de soporte 40 comprende dos guías cilíndricas de superficie lisa 34 y 36, cuya finalidad es mantener el tubo 2 en posición durante el mecanizado, soportando la carga de empuje del conjunto de trabajo 30.

La primera herramienta giratoria de aleteo/ranurado 32 está provista de un primer perfil de trabajo helicoidal simétrico a las ranuras helicoidales 22 a generar en la superficie exterior del tubo 2 y que tiene un primer ángulo de avance  $\alpha_1$ .

La segunda herramienta giratoria de aleteo 31 está provista de un segundo perfil de trabajo helicoidal simétrico a las aletas bajas 21 que se generará en la superficie exterior del tubo 2 y que tiene un segundo ángulo de avance  $\alpha_2$ , con  $\alpha_2 \neq \alpha_1$ .

El método según la invención comprende hacer avanzar el tubo 2 en un plano definido por el conjunto de soporte 40 y formar una primera aleta/ranura 22 en dicho tubo 2 por medio de la primera herramienta giratoria 32. Ventajosamente, la aleta/ranura 22 tiene una profundidad preferentemente  $\leq 0,5$  mm para limitar el endurecimiento del material.

40 Inmediatamente después de que se haya formado la primera aleta/ranura 22, se forma una segunda aleta 21 (aleta principal) en dicho tubo 2 por medio de dicha segunda herramienta giratoria de aleteo 31. La altura de dicha segunda aleta principal 21 es mayor que la altura de dicha primera aleta 22, aunque normalmente sea inferior a 2 mm.

45 Como se ha explicado anteriormente, en función del ángulo relativo entre dicho primer ángulo de avance  $\alpha_1$  y dicho segundo ángulo de avance  $\alpha_2$  es posible obtener una mayor o menor altura de la aleta principal 21 y un mayor o menor número de sus interrupciones por la ranura 22.

Con referencia a las figuras 12 y 13, en una segunda realización de un método para fabricar un tubo con aletas 2 según la presente invención, se forman una pluralidad de aletas bajas tanto en su superficie externa como en su superficie interna.

En este caso, el método según la invención se lleva a cabo utilizando una máquina 5 que comprende un primer conjunto de trabajo 50 y un conjunto de soporte 70, similar al primer conjunto de trabajo 30 y al conjunto de soporte 40 descritos anteriormente. Con respecto a la parte exterior del tubo 2, el mecanizado se realiza de la misma manera que se ha descrito anteriormente. La máquina 5 también comprende un segundo conjunto de trabajo que está adaptado para producir las aletas internas del tubo 2. La aleta interna se obtiene por medio de una herramienta de aleteo 61 con perfil simétrico al que se desea obtener en la superficie interna del tubo 2. La herramienta 61 se inserta en el tubo y es "accionada" por la presión que ejercen la primera 32 y la segunda 31 herramienta giratoria sobre el tubo 2 que descansa sobre las guías cilíndricas de superficie lisa 71 y 72 del conjunto de soporte 70. Esto provoca una reducción en el diámetro interno del tubo 2, que es así aleteado por la herramienta interna 61.

La aleta interna tiene un ángulo de envoltura contrario al de la aleta externa 21 para evitar que la herramienta externa o interna se atasque. Ángulo de avance, altura de aleta y densidad de aletas en la parte interna son obtenibles en los rangos conocidos en el estado de la técnica.

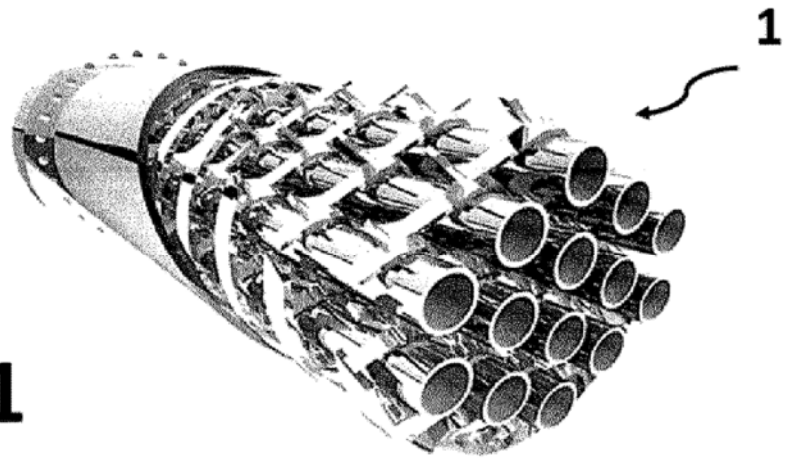
En resumen, el método descrito utiliza dos herramientas perfiladas para el conformado en frío externo (o externo e

interno) de un tubo hecho de acero de baja o alta aleación. Esta configuración permite una alta productividad, evitando los frecuentes riesgos de daño/rotura de las herramientas y reduciendo al mínimo la complejidad del aparato mecánico empleado. También es adecuado para mecanizar aceros aleados, como aceros de cobre-níquel, inoxidable, dúplex, titanio, que son críticos para muchos métodos alternativos, como se conoce en el estado de la técnica.

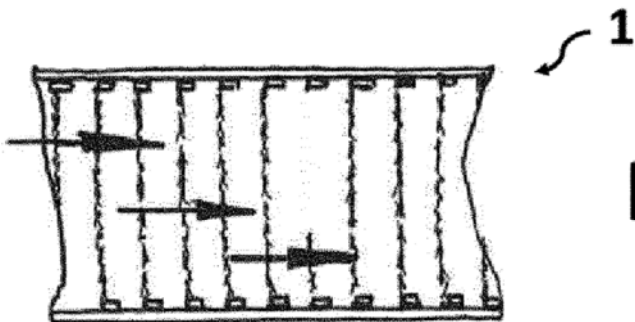
- 5 En base a la descripción anterior, se ha visto cómo el método para fabricar un tubo con aletas, un tubo con aletas así obtenido, y un intercambiador de calor, en particular un intercambiador de calor de flujo longitudinal de carcasa y tubos de acuerdo con la presente invención, logran los objetivos y objetos previstos.
- 10 Sobre la base de la descripción proporcionada, son posibles otras características, modificaciones o mejoras dentro del ámbito de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para fabricar un tubo con aletas (2) utilizando una máquina (3, 5) que comprende un conjunto de trabajo (30, 50) y al menos un conjunto de soporte (40, 70), comprendiendo dicho primer conjunto de trabajo (30, 50) un primera herramienta giratoria de aleteo (32) y una segunda herramienta giratoria de aleteo (31) montadas en secuencia en el mismo eje de accionamiento (33), estando dicha primera herramienta giratoria de aleteo (32) provista de un primer perfil de trabajo helicoidal que tiene un primer ángulo de avance  $\alpha_1$  y dicha segunda herramienta de aleteo giratoria (31) estando provista de un segundo perfil de trabajo helicoidal que tiene un segundo ángulo de avance  $\alpha_2$ , con  $\alpha_2 \neq \alpha_1$ , comprendiendo el método hacer avanzar dicho tubo (2) en un plano definido por dicho conjunto de soporte
- 10 (40, 70), formar una primera aleta (22) en dicho tubo (2) por medio de dicha primera herramienta giratoria de aleteo (32), formar una segunda aleta (21) sobre dicho tubo (2) por medio de dicha segunda herramienta giratoria de aleteo (31), siendo la formación de dicha segunda aleta (21) inmediatamente posterior a la formación de dicha primera aleta (22), la altura de siendo dicha primera aleta (22) más baja que la altura de dicha segunda aleta (21).
- 15 2. Un método para fabricar un tubo con aletas (2) según la reivindicación 1, caracterizado por que el ángulo relativo entre dicho primer ángulo de avance  $\alpha_1$  y dicho segundo ángulo de avance  $\alpha_2$  está entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , y preferiblemente entre  $30^\circ$  y  $60^\circ$ , y por que la altura  $h$  de dicha primera aleta es  $\leq 0,5$  mm, y la altura  $H$  de dicha segunda aleta es  $\leq 2$  mm.



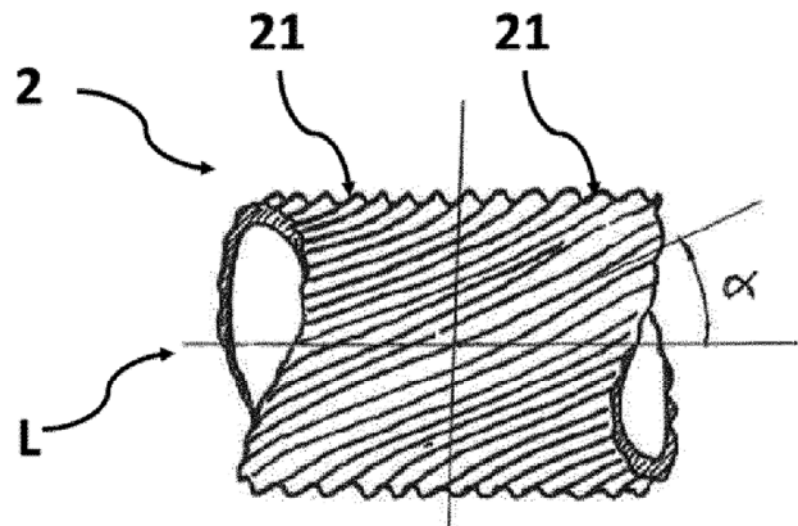
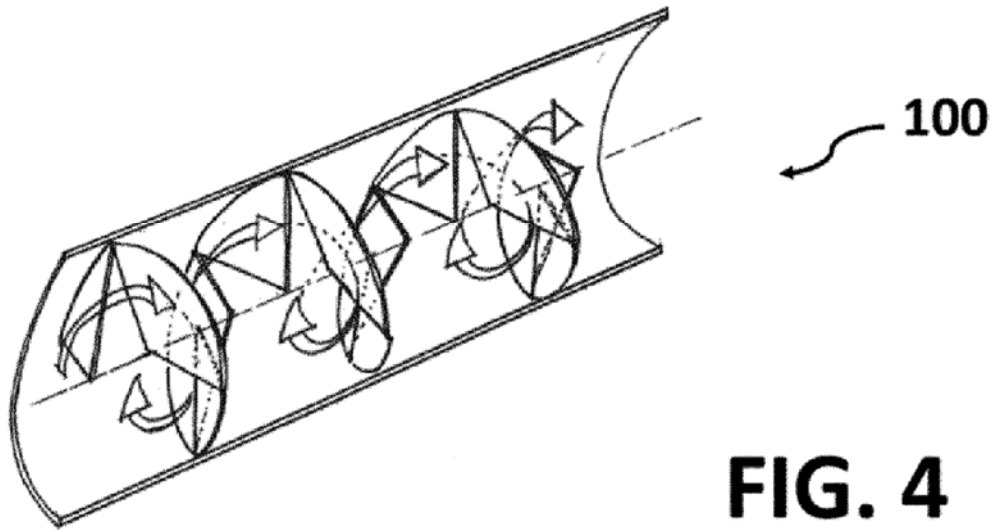
**FIG. 1**



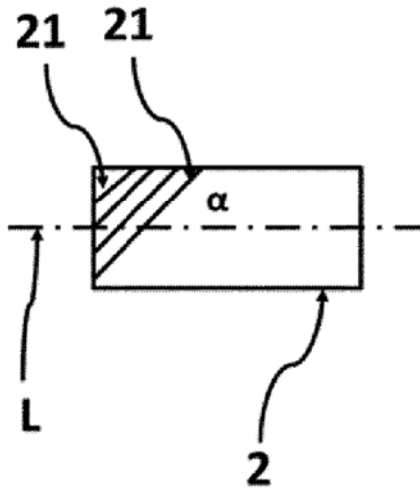
**FIG. 2**



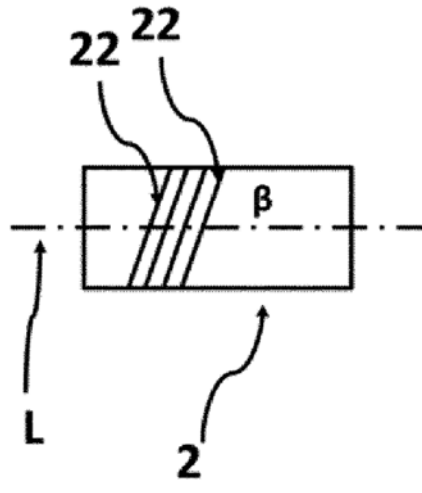
**FIG. 3**



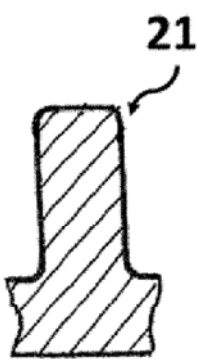
**FIG. 5**



**FIG. 6a**



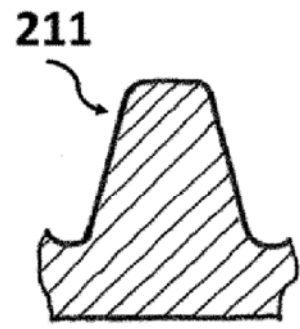
**FIG. 6b**



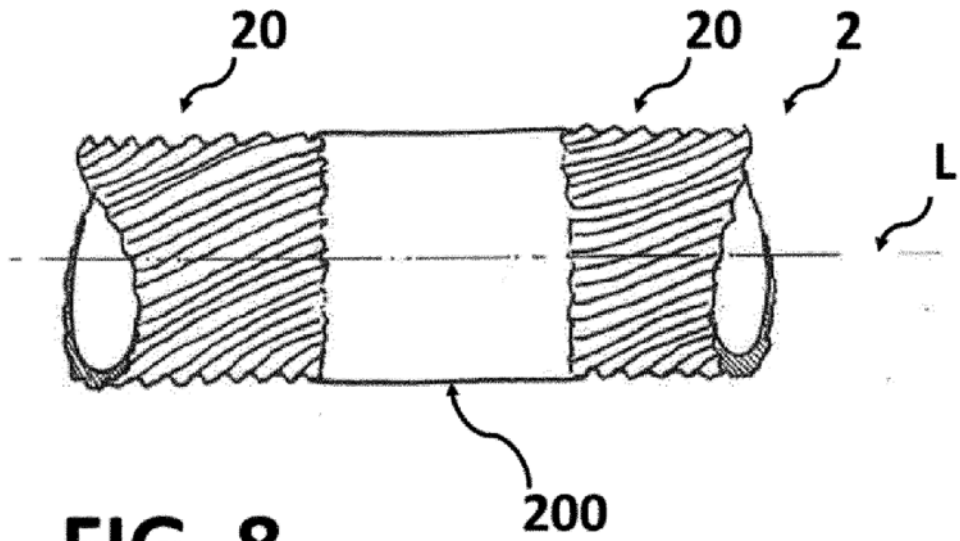
**FIG. 7a**



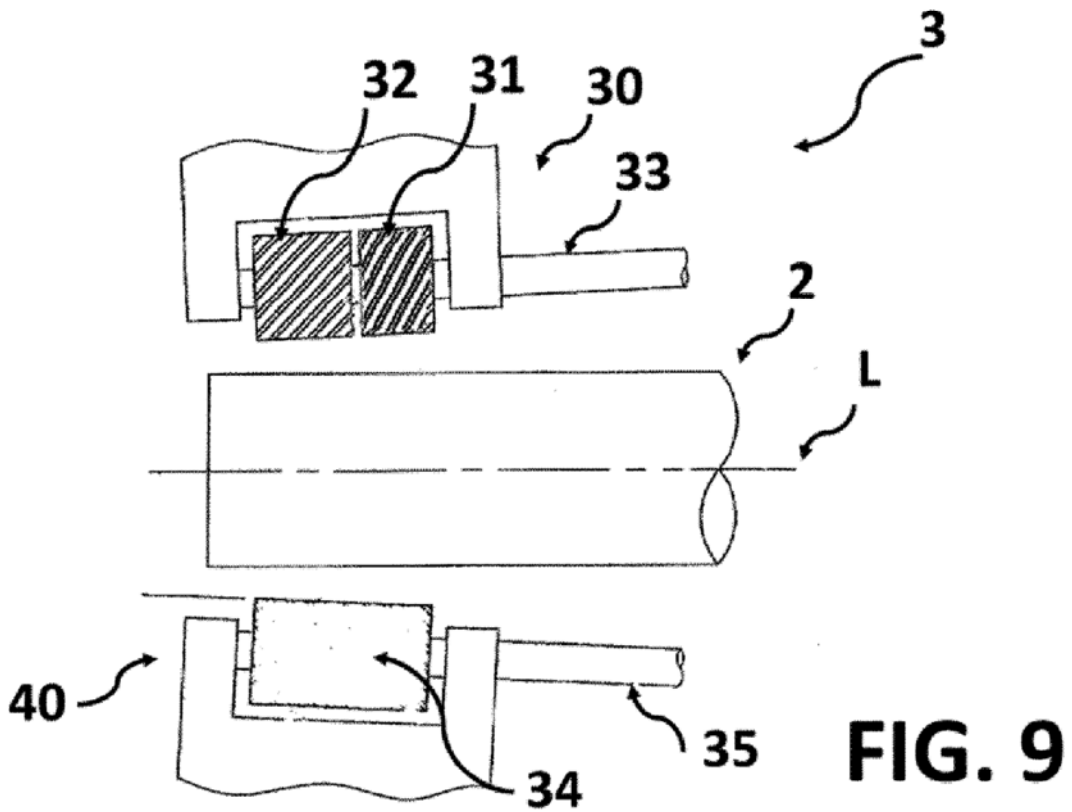
**FIG. 7b**



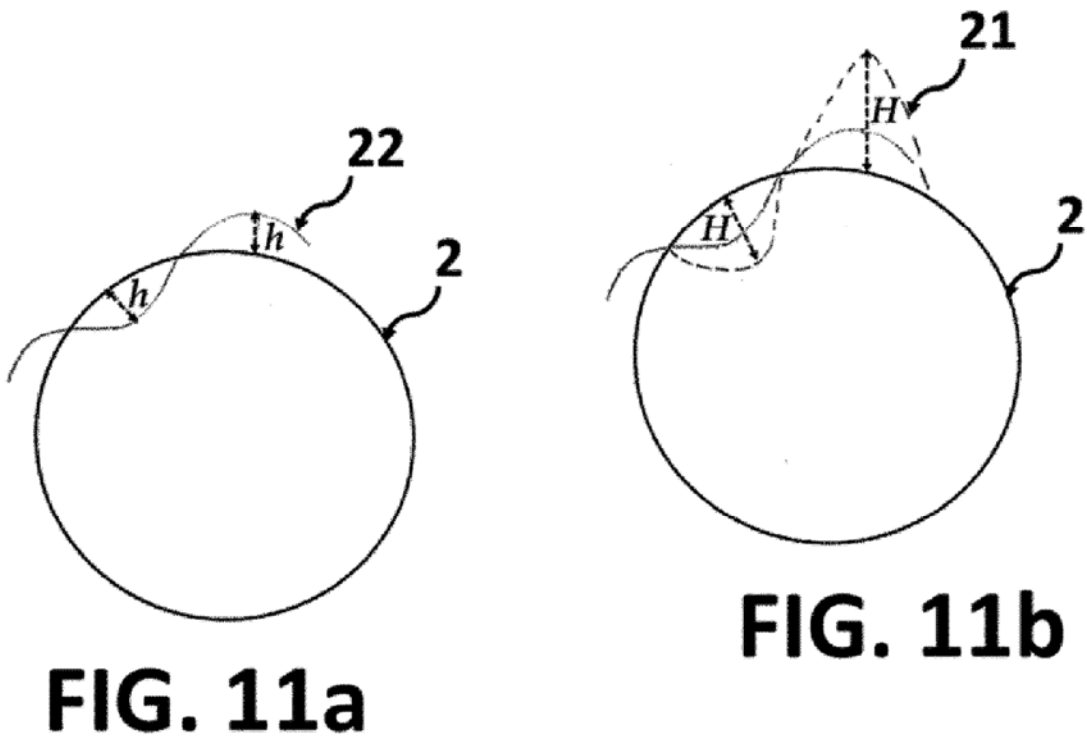
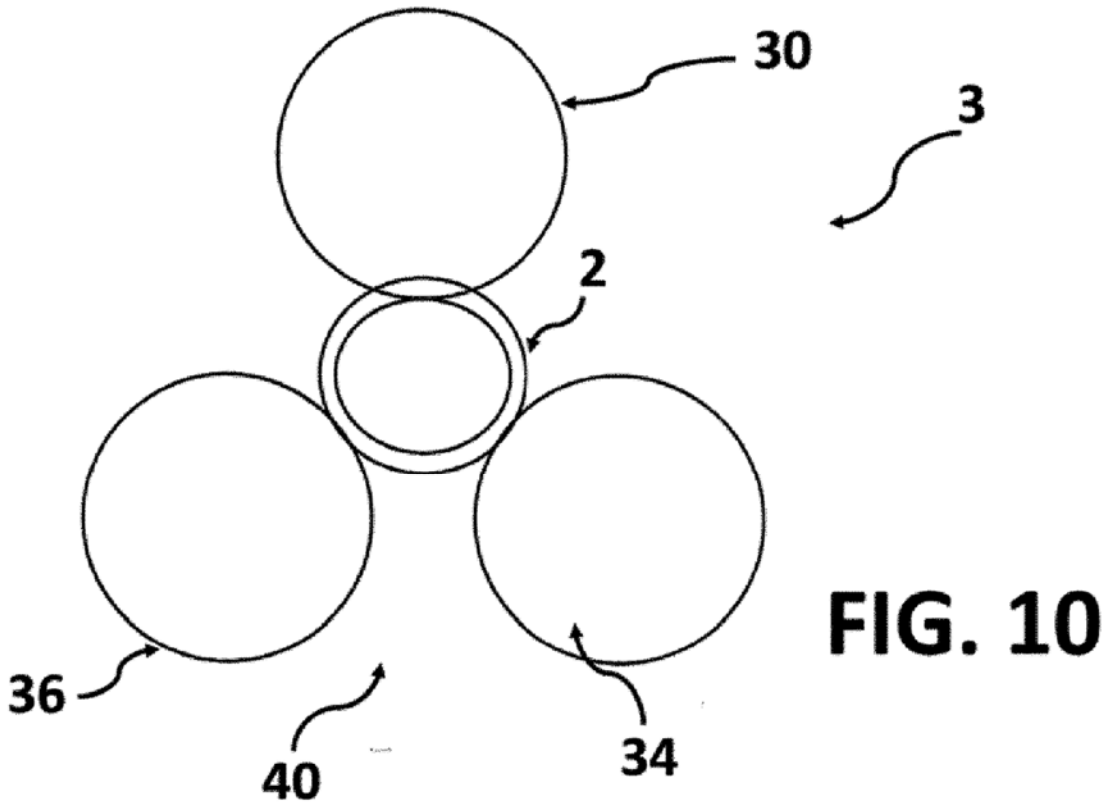
**FIG. 7c**



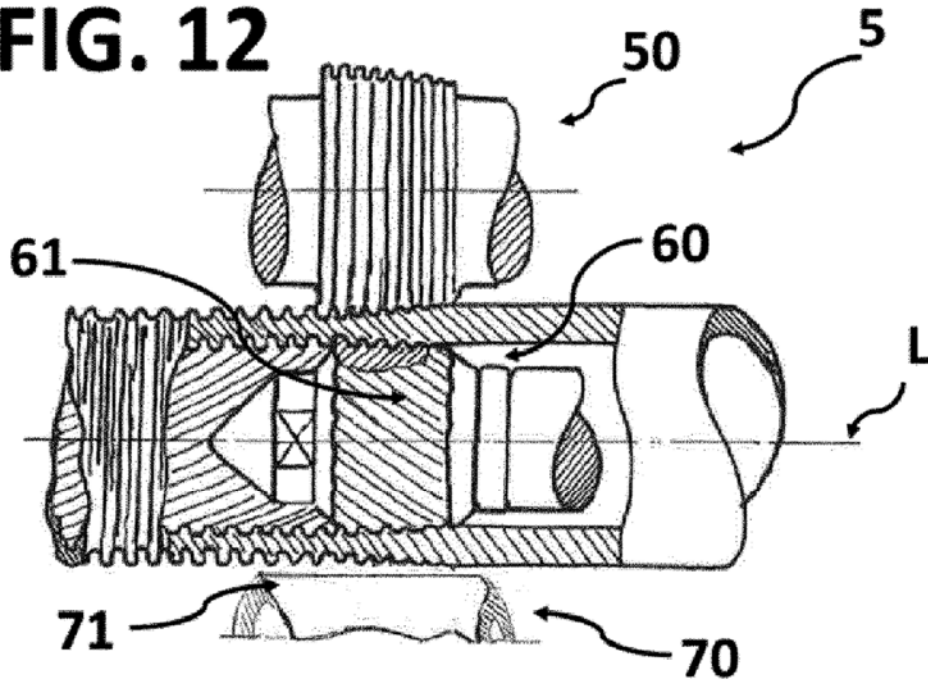
**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG. 12**



**FIG. 13**

