



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 343 653**

51 Int. Cl.:

**F28F 1/40** (2006.01)

**F28F 1/42** (2006.01)

**B21C 37/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07002793 .3**

96 Fecha de presentación : **09.02.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1830151**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54

Título: **Tubo intercambiador de calor estructurado y procedimiento para su fabricación.**

30

Prioridad: **22.02.2006 DE 10 2006 008 083**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.08.2010**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.08.2010**

73

Titular/es: **WIELAND-WERKE AG.**  
**89070 Ulm, DE**

72

Inventor/es: **Revermann, Markus;**  
**El Hajal, Jean;**  
**Beutler, Andreas y**  
**Schwitalla, Andreas**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 343 653 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).

# ES 2 343 653 T3

## DESCRIPCIÓN

Tubo intercambiador de calor estructurado y procedimiento para su fabricación.

5 El presente invento se refiere a un tubo intercambiador de calor con al menos una zona estructurada en el lado interior del tubo, y a un procedimiento para su fabricación.

10 La transmisión de calor se presenta en muchos campos de la técnica del frío y del acondicionamiento de aire así como en la técnica de los procesos y de la energía. Para la transmisión de calor se emplean frecuentemente en estos sectores intercambiadores de calor de haces de tubos. En muchas aplicaciones fluye aquí en el lado interior del tubo un líquido, que dependiendo de la dirección del flujo de calor es enfriado o calentado. El calor es cedido al medio que se encuentra en el lado exterior del tubo o extraído de éste.

15 Es conocido en general que en los intercambiadores de calor de haces de tubos en lugar de tubos lisos se emplean tubos estructurados. Mediante las estructuras se mejora el paso de calor. De este modo se eleva La densidad de flujo térmico y los intercambiadores de calor pueden ser construidos más compactos. Alternativamente puede conservarse la densidad del flujo térmico y reducirse la diferencia de temperatura de trabajo, por lo que es posible una transmisión de calor más eficiente.

20 Los tubos intercambiadores de calor estructurados en uno o ambos lados para intercambiadores de calor de haces de tubos tienen usualmente al menos una zona estructurada así como partes extremas lisas y eventualmente partes intermedias lisas. Las partes extremas o intermedias lisas limitan las zonas estructuradas. Para que el tubo pueda instalarse sin problemas en el intercambiador de calor de haces de tubos, el diámetro exterior de las zonas estructuradas debería ser no mayor que el diámetro exterior de las partes extremas e intermedias lisas.

25 Como tubos intercambiadores de calor estructurados se emplean con frecuencia tubos de aletas laminados integralmente. Por tubos de aletas laminados integralmente se entienden tubos con aletas en los cuales las aletas fueron conformadas a partir del material de la pared de un tubo liso. En muchos casos los tubos de aletas tienen en el lado interior del tubo una multiplicidad de aletas que se desarrollan en ejes paralelos o en forma helicoidal, que aumentan la superficie interior y mejoran el coeficiente de transmisión de calor en el lado interior del tubo. En su lado exterior los tubos de aletas tienen aletas que se desarrollan en forma anular o helicoidal.

30 En el pasado fueron desarrolladas muchas posibilidades de, según la aplicación, elevar aún más la transmisión de calor en el lado exterior de tubos de aletas laminados integralmente, siendo provistas las aletas en el lado exterior del tubo de otras particularidades estructurales. Como es conocido por ejemplo por la publicación US 5,775,411, con la condensación de refrigerantes en el lado exterior del tubo se eleva marcadamente el coeficiente de transmisión de calor si los flancos de las aletas se proveen de bordes adicionales convexos. En la evaporación de refrigerantes en el lado exterior del tubo se ha mostrado que aumenta el rendimiento cerrar parcialmente los canales que se encuentran entre las aletas, de manera que se forman espacios huecos, que están unidos con el ambiente mediante poros o rendijas. Como ya es conocido por numerosas publicaciones, semejantes canales en esencia cerrados se producen por plegado o doblado de las aletas (documentos US 3,696,861, US 5,054,548), por hendido y recalcado de las aletas (DE 2 758 526 C2, US 4,577,381), y por un entallado y recalcado de las aletas (US 4,660,630, EP 0 713 072 B1, US 4,216,826).

35 Las mejoras de rendimiento en el lado exterior del tubo anteriormente mencionadas tienen por consecuencia que la parte principal de la resistencia total a la transmisión de calor es desplazada al lado interior del tubo. Este efecto se presenta especialmente en caso de velocidades de flujo pequeñas en el lado interior del tubo, como por ejemplo en funcionamiento a carga parcial. Para reducir significativamente la resistencia total a la transmisión de calor, es necesario elevar aún más el coeficiente de transmisión de calor en el lado interior del tubo.

40 Para elevar la transmisión de calor del lado interior del tubo, las aletas interiores que se desarrollan en ejes paralelos o en forma helicoidal pueden ser provistas de ranuras, como está descrito en la publicación DE 101 56 374 C1. Aquí es de importancia que mediante el empleo allí expuesto de mandriles de laminación perfilados para producir las aletas interiores y ranuras las dimensiones de la estructura interior y de la estructura exterior del tubo de aletas pueden ser reguladas independientemente unas de otras. De este modo las estructuras en el lado exterior e interior pueden adaptarse a las respectivas exigencias y así configurarse el tubo.

45 Ante estos antecedentes el problema del presente invento consiste en perfeccionar las estructuras interiores de tubos intercambiadores de calor del género antes mencionado, de manera que en comparación con tubos ya conocidos se obtenga un aumento adicional del rendimiento.

50 Además la parte del peso de la estructura interior en el peso total del tubo debería ser no mayor que en el caso de aletas interiores convencionales de forma helicoidal de sección transversal constante. Además debería evitarse un aumento mayor de la pérdida de presión. Las dimensiones de la estructura interior y de la estructura exterior del tubo de aletas deberían ser regulables independientemente unas de otras.

55 El invento se describe con relación a un tubo intercambiador de calor mediante las características de la reivindicación 1 y con relación a un procedimiento para la fabricación de un tubo intercambiador de calor mediante las características de la reivindicación 5. Las demás reivindicaciones relacionadas se refieren a configuraciones y perfeccionamientos ventajosos del invento.

## ES 2 343 653 T3

El invento comprende un tubo intercambiador de calor con al menos una zona estructurada en el lado interior del tubo, que presenta las siguientes particularidades:

- 5 a) en el lado interior del tubo se extienden continuas sobre la circunferencia en ejes paralelos o en forma helicoidal aletas interiores integrales de altura H con un ángulo de pendiente  $\beta_1$ , medido con respecto al eje del tubo, formando ranuras primarias,
- 10 b) las aletas interiores son cruzadas sobre la circunferencia total del tubo por ranuras secundarias distanciadas unas de otras, que paralelas unas a otras con un ángulo de pendiente  $\beta_2$ , medido con respecto al eje del tubo, presentan una profundidad de entalla T2 y un ángulo de abertura de ranura  $\alpha_2$ ,
- 15 c) las aletas interiores y las ranuras secundarias son cruzadas sobre la circunferencia total del tubo por ranuras terciarias distanciadas unas de otras, que paralelas unas a otras con un ángulo de pendiente  $\beta_3$ , medido con respecto al eje del tubo, se extienden continuas sobre la circunferencia y presentan una profundidad de entalla T3 y un ángulo de abertura de ranura  $\alpha_3$ .

El invento parte de la idea de que en un tubo intercambiador de calor las aletas interiores separadas por ranuras primarias que se extienden paralelas son cruzadas por ranuras secundarias. Esta estructura interior es cruzada por ranuras terciarias que se extienden en un ángulo de pendiente  $\beta_3$ , medido con respecto al eje del tubo. En los ángulos  
20 por ejemplo que en ángulos  $\beta_2$  y  $\beta_3$  iguales en magnitud se configura una estructura interna cruzada mediante un desarrollo en sentido contrario de las ranuras secundarias y terciarias. En caso de ranuras secundarias y terciarias que se desarrollan en el mismo sentido los ángulos  $\beta_2$  y  $\beta_3$  son en consecuencia diferentes en magnitud. Adicionalmente las ranuras secundarias y terciarias pueden diferenciarse en al menos una de las siguientes características: profundidad  
25 de entalla T, paso circular P, ángulo de abertura de ranura  $\alpha$ .

La profundidad T de las ranuras secundarias y terciarias se mide desde la punta de las aletas interiores en dirección radial. El paso circular P es la distancia más corta de ranuras paralelas adyacentes que son generadas por el mismo mandril, y es una medida del paso de las aletas. El ángulo de abertura de ranura  $\alpha$  es el ángulo de las ranuras existentes  
30 en el mandril perfilado con que son generadas las ranuras secundarias o terciarias de las acanaladuras interiores.

La especial ventaja consiste en que mediante la realización de las ranuras terciarias se forma una estructura interior de aletas interiores de entallado simple con una estructura superior en forma de hélice. De este modo se imponen al fluido que fluye a través del tubo torbellinos adicionales, lo que lleva a un aumento adicional de la transmisión de calor  
35 interna. Este aumento del rendimiento supera la influencia de la pérdida de presión en aumento como consecuencia de la formación de torbellinos. Es claro de entender que por la adición de ranuras terciarias la parte del peso de la estructura interna en el peso total del tubo no se eleva por el solo desplazamiento de material. Por eso la parte del peso de la estructura interna en el peso total del tubo no es mayor que en el caso de aletas interiores convencionales en forma helicoidal de sección transversal constante.  
40

En una configuración preferida del invento la zona estructurada en el lado interior del tubo puede diferenciarse en el paso circular P2 de las ranuras secundarias y el paso circular P3 de las ranuras terciarias. De esa manera se configura la estructura superior en forma de hélice. Es preferido además que el paso circular P2 de las ranuras secundarias sea menor que el paso circular P3 de las ranuras terciarias. Con ello las ranuras secundarias están situadas juntas más  
45 estrechamente que las ranuras terciarias, por lo que la repercusión sobre la formación de torbellinos puede adaptarse adecuadamente al fluido empleado y en particular a su viscosidad.

En un perfeccionamiento ventajoso del invento la zona estructurada en el lado interior del tubo puede diferenciarse en el ángulo de abertura de ranura  $\alpha_2$  de las ranuras secundarias y  $\alpha_3$  de las ranuras terciarias. Con ello son influidas  
50 en particular las pendientes de los flancos de aletas estructurados por las ranuras secundarias y terciarias. El ángulo de pendiente de los flancos influye esencialmente en el comportamiento de fluencia del fluido conducido a través en el funcionamiento.

Preferentemente la zona estructurada en el lado interior del tubo puede diferenciarse en la profundidad de entalla  
55 T2 de las ranuras secundarias y T3 de las ranuras terciarias. Por ello en la zona estructurada en el lado interior del tubo la profundidad de entalla T2 de las ranuras secundarias puede ser menor que la profundidad de entalla T3 de las ranuras terciarias. De esa manera se realiza en primer lugar un acuñado superior de las aletas interiores integrales entalladas por las ranuras secundarias.

Ventajosamente sobre el lado exterior del tubo pueden desarrollarse aletas exteriores de ejes paralelos o en forma helicoidal. Para este caso otro aspecto del invento comprende un procedimiento para la fabricación de un tubo intercambiador de calor estructurado con aletas exteriores y aletas interiores integrales, es decir, elaboradas a partir de la pared del tubo, que se desarrollan en forma helicoidal en el lado exterior del tubo y se extienden con ejes paralelos o  
60 en forma helicoidal en el lado interior del tubo, que son cruzadas y entalladas por ranuras secundarias y por ranuras terciarias, en el cual se realizan las siguientes fases del procedimiento:

- a) en el lado exterior de un tubo liso en una primera zona de conformado se forman aletas exteriores que se extienden en forma helicoidal, obteniéndose el material de las aletas por desplazamiento de material de la pared

## ES 2 343 653 T3

del tubo por medio de una primera fase de laminación y el tubo de aletas resultante mediante las fuerzas de laminación es desplazado en giro y empujado hacia delante en correspondencia a las aletas de forma helicoidal resultantes, siendo conformadas las aletas exteriores con altura en aumento a partir del tubo liso por lo demás no deformado,

5 b) la pared del tubo en la primera zona de conformado es apoyada por un primer mandril de laminación situado dentro del tubo, que está colocado giratorio y está perfilado, por lo que se configuran las aletas interiores,

10 c) en una segunda fase de laminación, en una segunda zona de conformado distanciada de la primera zona de conformado son configuradas las aletas exteriores con más altura en aumento y las aletas interiores son provistas de ranuras secundarias, siendo apoyada la pared del tubo en la segunda zona de conformado por un segundo mandril de laminación situado dentro del tubo, que asimismo está configurado giratorio y perfilado, cuyo perfilado sin embargo se diferencia del perfilado del primer mandril de laminación en cuanto a la magnitud o la orientación del ángulo de hélice.

15 d) en una tercera fase de laminación, en una tercera zona de conformado distanciada de la segunda zona de conformado son configuradas las aletas exteriores con más altura en aumento y las aletas interiores son provistas de ranuras terciarias, siendo apoyada la pared del tubo en la tercera zona de conformado por un tercer mandril de laminación situado dentro del tubo, que asimismo está configurado giratorio y perfilado, y cuyo perfilado sin embargo se diferencia del perfilado del primer mandril de laminación y del segundo mandril de laminación en cuanto a la magnitud y/o la orientación del ángulo de hélice.

20 El invento, en lo referente al procedimiento de fabricación, parte de la idea de que para producir un tubo intercambiador de calor estructurado con las ranuras terciarias propuestas en las aletas interiores provistas de ranuras secundarias el útil de laminación para la conformación de las aletas exteriores se construya en al menos tres paquetes de discos de laminación distanciados unos de otros. Estos paquetes de discos de laminación producen aletas exteriores que se desarrollan en forma helicoidal y se encargan al mismo tiempo del avance del tubo necesario para la estructuración. La estructura interior es conformada por tres mandriles de laminación perfilados diferentemente. El primer mandril de laminación apoya el tubo en la zona de conformado por debajo del primer paquete de discos de laminación y forma en primer lugar aletas interiores que se desarrollan en forma helicoidal o con ejes paralelos, presentando primero estas aletas interiores una sección transversal constante. El segundo mandril de laminación apoya el tubo en la zona de conformado por debajo del segundo paquete de discos de laminación de mayor diámetro y forma las ranuras secundarias en las aletas conformadas primero que se desarrollan en forma helicoidal o con ejes paralelos. El tercer mandril de laminación produce por debajo del tercer paquete de discos de laminación las ranuras terciarias en la estructura interior producida primero compuesta de las aletas de entallado simple. Las profundidades de las ranuras secundarias y terciarias se determinan en esencia mediante la selección de los diámetros de los tres mandriles de laminación.

30 A las ya mencionadas ventajas del invento en lo referente a los tubos intercambiadores de calor hay que añadir otras ventajas por el procedimiento de fabricación, al ser regulables independientemente unas de otras las dimensiones de la estructura interior y de la estructura exterior del tubo de aletas obtenidas con los diferentes útiles de laminación. Así para un óptimo paso del calor pueden ajustarse óptimamente una tras otra la estructura interior y la estructura exterior.

35 Preferentemente puede emplearse como distancia de las zonas de conformado en esencia un múltiplo entero del paso de las aletas exteriores.

40 En una configuración ventajosa del invento el diámetro exterior del segundo mandril de laminación puede elegirse menor que el diámetro exterior del primer mandril de laminación. Ventajosamente también el diámetro exterior del tercer mandril de laminación puede elegirse menor que el diámetro exterior del segundo mandril de laminación. Con este escalonamiento de diámetros de los mandriles de laminación se garantiza el proceso de acuñado en dirección radial.

45 En otra realización preferida del invento pueden regularse las profundidades T2 y T3 de las ranuras secundarias y terciarias mediante selección de los diámetros de los mandriles de laminación y mediante selección de los diámetros de los en cada caso mayores discos de laminación de los tres útiles de laminación. Esto lleva a la evidencia de que el flujo total de material en el lado interior del tubo y en el lado exterior del tubo debe optimizarse mediante el empleo adecuado de los útiles de laminación exteriores y de los mandriles de laminación interiores.

50 Otras ventajas y configuraciones del invento son explicadas en detalle con ayuda de los dibujos esquemáticos.

En ellos muestran:

55 La Figura 1 esquemáticamente la fabricación de un tubo intercambiador de calor según el invento por medio de tres mandriles con diferente hélice y diferente paso,

60 la Figura 2 una vista parcial esquemática de la estructura interior producida,

## ES 2 343 653 T3

la Figura 3 una fotografía de una estructura interior,

la Figura 4 esquemáticamente una parte de la sección a través de la estructura interior de la Figura 3 a lo largo de la línea X-X, y,

la Figura 5 un diagrama, que muestra mediante el número de Reynolds la mejora de la transmisión de calor interna en comparación con las aletas interiores de entallado simple. Además está representada también la relación de las pérdidas de presión de la nueva estructura interior en comparación con la estructura interior sin ranuras terciarias.

Las partes mutuamente correspondientes están provistas de los mismos signos de referencia en todas las Figuras.

El tubo de aletas 1 laminado integralmente presenta en el lado exterior del tubo aletas exteriores 6 que se desarrollan continuas en forma helicoidal sobre la circunferencia. La fabricación del tubo de aletas según el invento se efectúa mediante un proceso de laminación por medio del dispositivo de laminación representado en la Figura 1.

Se emplea un dispositivo que se compone de  $n = 3$  o 4 soportes de útiles 80, en los cuales están integrados en cada caso al menos tres útiles de laminación distanciados unos de otros con discos de laminación 50, 60 y 70. En la Figura 1 por razones de síntesis sólo está representado un soporte de útiles 80.

El eje de un soporte de útiles 80 es a la vez el eje de los tres útiles de laminación correspondientes 50, 60 y 70, extendiéndose éste inclinado con respecto al eje del tubo. Los soportes de útiles 80 están dispuestos desplazados en cada caso en  $360^\circ/n$  en la circunferencia del tubo de aletas 1. Los soportes de útiles 80 pueden aproximarse radialmente con respecto al tubo. Están por su parte dispuestos en un cabezal de laminación fijo, no representado. El cabezal de laminación está fijado en el armazón base del dispositivo de laminación. Los útiles de laminación 50, 60 y 70 se componen en cada caso de varios discos de laminación dispuestos uno al lado de otro, cuyo diámetro aumenta en el sentido de laminación R. Los discos de laminación del segundo útil de laminación 60 tienen en consecuencia un diámetro mayor que los discos de laminación del primer útil de laminación 50, y los discos de laminación del tercer útil de laminación 70 tienen a su vez un diámetro mayor que los discos de laminación del segundo útil de laminación 60.

Asimismo son parte integrante del dispositivo tres mandriles de laminación perfilados 10, 20 y 30, por medio de los cuales se produce la estructura interior del tubo. Los mandriles de laminación 10, 20 y 30 están colocados en el extremo libre de una barra de mandriles de laminación 40 y están colocados giratorios unos con otros. La barra de mandriles de laminación 40 en su otro extremo está sujeta en el armazón base del dispositivo de laminación. Los mandriles de laminación 10, 20 y 30 deben posicionarse en la zona de trabajo de los útiles de laminación 50, 60 y 70. La barra de mandriles de laminación 40 debe ser al menos tan larga como el tubo de aletas 1 a fabricar. Antes del mecanizado el tubo liso 7 con los útiles de laminación 50, 60 y 70 no aproximados es empujado casi totalmente sobre los mandriles de laminación 10, 20 y 30 en la barra de mandriles de laminación 40. Únicamente la parte del tubo liso 7 que con el tubo de aletas 1 terminado debe formar el primer trozo extremo liso, no es empujada sobre los mandriles de laminación 10, 20 y 30.

Para el mecanizado del tubo los útiles de laminación 50, 60 y 70 dispuestos giratorios en la circunferencia se aproximan radialmente sobre el tubo liso 7 y se llevan a engranar con éste. El tubo liso 7 de este modo se desplaza en giro. Puesto que el eje de los útiles de laminación 50, 60 y 70 está colocado inclinado con respecto al eje del tubo, los útiles de laminación 50, 60 y 70 forman a partir de la pared tubular del tubo liso 7 aletas exteriores 6 que se desarrollan en forma helicoidal y simultáneamente empujan hacia delante el tubo de aletas resultante 1 en el sentido de laminación R en correspondencia a la pendiente de las aletas exteriores 6 que se desarrollan en forma helicoidal. Las aletas exteriores 6 se desarrollan preferentemente como una rosca de varias entradas. La distancia de los centros de dos aletas exteriores 6 adyacentes medida a lo largo del eje del tubo se designa como paso de las aletas. Las distancias entre los tres útiles de laminación 50, 60 y 70 deben estar ajustadas de manera que los discos de laminación del útil de laminación consecutivo 60 o 70 encajen en las ranuras 6c o 6d, que están formadas entre las aletas 6a o 6b por el útil de laminación precedente 50 o 60. Idealmente estas distancias son un múltiplo entero del paso de las aletas exteriores. El siguiente útil de laminación 60 o 70 continúa luego la subsiguiente conformación de las aletas exteriores 6a o 6b.

En la zona de conformado del primer útil de laminación 50 la pared del tubo es apoyada por un primer mandril de laminación perfilado 10, en la zona de conformado del segundo útil de laminación 60 la pared del tubo es apoyada por un segundo mandril de laminación perfilado 20 y en la zona de conformado del tercer útil de laminación 70 la pared del tubo es apoyada por el tercer mandril de laminación perfilado 30. Los ejes de los tres mandriles de laminación 10, 20 y 30 son idénticos al eje del tubo de aletas 1. Los mandriles de laminación 10, 20 y 30 están perfilados diferentemente. El diámetro exterior del segundo mandril de laminación 20 es como máximo tan grande como el diámetro exterior del primer mandril de laminación 10. El diámetro exterior del tercer mandril de laminación 30 es a su vez como máximo tan grande como el diámetro exterior del segundo mandril de laminación 20. Típicamente el diámetro exterior del segundo mandril de laminación 20 es hasta 0,8 mm menor que el diámetro exterior del primer mandril de laminación 10, y el diámetro exterior del tercer mandril de laminación 30 es preferentemente hasta 0,5 mm menor que el diámetro exterior del segundo mandril de laminación 20. El perfil de los mandriles de laminación 10, 20 y 30 se compone normalmente de una multiplicidad de ranuras trapeciales 10b, 20b y 30b, que están dispuestas paralelas unas a otras en la superficie exterior del mandril. El material del mandril de laminación que se encuentra entre dos ranuras adyacentes 10b, 20b y 30b se designa como nervio 10a, 20a o 30a. Los nervios 10a, 20a o 30a tienen una sección transversal en

## ES 2 343 653 T3

esencia trapecial. Los ángulos de abertura de las ranuras se designan en el mandril 20 con  $\alpha_2$  y en el mandril 30 con  $\alpha_3$ . Las ranuras 10b y 20b de los mandriles de laminación primero y segundo 10 y 20 se extienden normalmente en un ángulo de  $0^\circ$  a  $70^\circ$  inclinadas con respecto al eje del mandril. Las ranuras 30b del tercer mandril de laminación 30 se extienden por regla general en un ángulo de  $10^\circ$  a  $80^\circ$ . En el primer mandril de laminación 10 este ángulo se designa con  $\beta_1$ , en el segundo mandril de laminación 20 con  $\beta_2$  y en el tercer mandril de laminación 30 con  $\beta_3$ . El ángulo de  $0^\circ$  corresponde al caso de que las ranuras 10b, 20b o 30b se extiendan paralelas al eje de los mandriles de laminación 10, 20 o 30. Si el ángulo es distinto de  $0^\circ$ , las ranuras 10b, 20b o 30b se extienden en forma helicoidal. Las ranuras que se extienden en forma helicoidal pueden estar orientadas con paso a izquierdas o paso a derechas. En la Figura 1 está representado el caso de que el primer mandril de laminación 10 presenta ranuras 10b de paso a izquierdas, y el segundo y el tercer mandril de laminación 20 y 30 presentan ranuras 20b y 30b de paso a derechas.

La estructura interior producida de este modo está representada en la Figura 2 mediante una vista parcial esquemática. En ella la profundidad T3 de las ranuras terciarias 5 es mayor que la profundidad T2 de las ranuras secundarias 4. Los sentidos de la hélice de las ranuras secundarias 4 y de las ranuras terciarias 5 se diferencian en la magnitud, pero no en la dirección.

En la Figura 3 mediante una fotografía está representada una estructura interior, en la cual la profundidad T3 de las ranuras terciarias 5 es mayor que la profundidad T2 de las ranuras secundarias 4, y los ángulos de hélice de las ranuras secundarias 4 y de las ranuras terciarias 5 son del mismo sentido, pero se diferencian en su magnitud.

Para los mandriles de laminación con orientación del mismo sentido deben diferenciarse los correspondientes ángulos de pendiente  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  o  $\beta_3$  de los mandriles 10, 20 o 30. Los tres mandriles de laminación 10, 20 y 30 están colocados giratorios unos con otros.

Mediante las fuerzas radiales del primer útil de laminación 50 el material de la pared del tubo es comprimido en las ranuras 10b del primer mandril de laminación 10. De este modo en la superficie interior del tubo de aletas 1 se forman aletas interiores 2a que se desarrollan continuas en forma helicoidal sobre la circunferencia. Entre dos aletas interiores adyacentes 2a se extienden ranuras primarias 3. En correspondencia a la forma de las ranuras 10b del primer mandril de laminación 10 las aletas interiores 2a tienen una sección transversal trapecial, que de momento permanece constante a lo largo de la aleta interior 2a. Las aletas interiores 2a están inclinadas con respecto al eje del tubo el mismo ángulo  $\beta_1$  que las ranuras 10b con respecto al eje del primer mandril de laminación 10. La altura de las aletas interiores 2 estructuradas terminadas se designa con H y normalmente asciende a 0,15 - 0,60 mm.

Mediante las fuerzas radiales del segundo útil de laminación 60 las aletas interiores 2a son comprimidas sobre el segundo mandril de laminación 20. Puesto que las ranuras 20b del segundo mandril de laminación 20 se extienden en otro ángulo con respecto al eje del mandril y con ello en otro ángulo con respecto al eje del tubo que las ranuras 10b del primer mandril de laminación 10, las aletas interiores 2a se encuentran por secciones con una ranura 20b o un nervio 20a del segundo mandril de laminación 20. En las secciones en las que una aleta interior 2a se encuentra con una ranura 20b, el material de la aleta interior 2a es comprimido en la ranura 20b. En las secciones en las que una aleta interior 2a se encuentra con un nervio 20a, el material de la aleta se deforma, y se acuña en las aletas interiores 2a ranuras secundarias 4 que se extienden paralelas unas a otras, y que se extienden continuas sobre la circunferencia. Las ranuras secundarias 4 tienen un ángulo de abertura de ranura que corresponde al ángulo de abertura  $\alpha_2$  del segundo mandril de laminación. La distancia de las ranuras secundarias 4 se designa como paso circular P2. En correspondencia a la forma de los nervios 20a del segundo mandril de laminación 20, las ranuras secundarias 4 tienen una sección transversal trapecial. Las ranuras secundarias 4 que son acuñaadas por el mismo nervio 20a en diferentes aletas interiores están dispuestas alineadas unas con otras. El ángulo que forman las ranuras secundarias 4 con el eje del tubo es igual al ángulo  $\beta_2$  que comprenden las ranuras 20b del segundo mandril de laminación 20 con el eje del segundo mandril de laminación 20.

Mediante las fuerzas radiales del tercer útil de laminación 70 las aletas interiores 2b de entallado simple son comprimidas sobre el tercer mandril 30. Puesto que la geometría del tercer mandril de laminación 30 se diferencia de las geometrías de los dos primeros mandriles 10 y 20, las aletas 2b de entallado simple se encuentran por secciones con una ranura 30b o un nervio 30a del tercer mandril de laminación 30. En las secciones en las que la aleta interior de entallado simple 2b se encuentra con un nervio 30a, el material de la aleta interior de entallado simple 2b se deforma, y se acuña en las aletas interiores de entallado simple 2b ranuras terciarias 5 que se extienden paralelas unas a otras, y que se extienden continuas sobre la circunferencia. Las ranuras terciarias 5 tienen un ángulo de abertura de ranura que corresponde al ángulo de abertura  $\alpha_3$  del tercer mandril de laminación 30. La distancia de las ranuras secundarias 5 se designa como paso circular P3. En correspondencia a la forma de los nervios 30a del tercer mandril de laminación 30, las ranuras terciarias 5 tienen una sección transversal trapecial. Debido al paso del tercer mandril 30, que es mayor que el paso de los dos primeros mandriles de laminación 10 y 20, se forma mediante las ranuras terciarias 5 una estructura superior en forma de hélice. El ángulo que forman las ranuras terciarias 5 con el eje del tubo es igual al ángulo  $\beta_3$ .

Las profundidades T2 y T3 de las ranuras secundarias y terciarias 4 y 5 se miden en dirección radial desde la punta de las aletas interiores 2. Mediante selección adecuada de los diámetros exteriores de los mandriles de laminación 10, 20 y 30, así como mediante selección adecuada de los diámetros exteriores de los en cada caso mayores discos de laminación de los tres útiles de laminación 50, 60 y 70 pueden variarse las profundidades T2 y T3 de las ranuras secundarias y terciarias 4 y 5: cuanto menor es la diferencia en el diámetro exterior entre dos mandriles de laminación adyacentes 10 y 20 o 20 y 30, mayor es la profundidad de entalla de las ranuras producidas 4 o 5 del siguiente mandril

## ES 2 343 653 T3

de laminación 20 o 30. Una modificación del diámetro exterior de uno de los tres mandriles de laminación 10, 20 o 30 tiene sin embargo como consecuencia no sólo una variación de la profundidad de entalla T2 o T3 de las ranuras secundarias o terciarias 4 o 5, sino que normalmente origina también una variación de la altura de las aletas exteriores 6. Este efecto puede ser compensado sin embargo modificándose la estructura de los útiles de laminación 50, 60 y 70. En particular para ello pueden adaptarse los diámetros de los últimos discos de laminación en uno de los útiles de laminación 50, 60 y 70.

Para influir marcadamente en el flujo del líquido que fluye en el tubo, la profundidad T2 de las ranuras secundarias 4 debería alcanzar al menos el 20% de la altura H de las aletas interiores 2, y la profundidad T3 de las ranuras terciarias debería alcanzar al menos el 20% de la altura H. Preferentemente T3 es mayor que T2.

La Figura 4 muestra esquemáticamente una sección a través de la estructura interior de la Figura 3 a lo largo de la línea X-X. Las relaciones de altura entre aletas interiores 2, ranuras primarias 3, secundarias 4 y terciarias 5 se distinguen aquí claramente.

Mediante las ranuras secundarias 4 la estructura interior del tubo de aletas 1 es provista de bordes adicionales. Si fluye líquido en el lado interior del tubo, se forman en estos bordes torbellinos adicionales en el líquido, que mejoran la transmisión de calor en la pared del tubo. Mediante las ranuras terciarias 5 se produce una estructura superior en forma de hélice, por lo que en el flujo de líquido se forman torbellinos adicionales. Mediante estos torbellinos adicionales se obtiene otro aumento de la transmisión de calor interna.

La descripción del procedimiento de fabricación según el invento muestra que por la multiplicidad de los parámetros de útiles seleccionables en este procedimiento las dimensiones de la estructura exterior e interior pueden ser reguladas en amplios intervalos independientemente unas de otras. En particular la distribución del útil de laminación de los tres útiles de laminación distanciados 50, 60 y 70 posibilita variar las profundidades T2 y T3 de las ranuras secundarias y terciarias 4 y 5 sin al mismo tiempo modificar la altura de las aletas exteriores 6.

Los tubos de aletas estructurados en ambos lados para la técnica del frío y del acondicionamiento de aire se fabrican frecuentemente de cobre o de aleación de cobre y níquel. Puesto que en el caso de estos metales el solo precio del material condiciona una parte no insignificante en los costes totales del tubo de aletas, es conveniente que para un diámetro de tubo dado el peso del tubo sea lo más pequeño posible. La parte del peso de la estructura interior en el peso total en los tubos de aletas comercializados hoy en día alcanza, según la altura de la estructura interior y con ello según la eficiencia, del 10% al 20%. Mediante las ranuras terciarias 5 según el invento en las aletas interiores de entallado simple de tubos de aletas 1 estructurados en ambos lados la eficiencia de semejantes tubos puede ser aumentada considerablemente, sin que se aumente la parte del peso de la estructura interior.

La Figura 5 muestra un diagrama, que documenta la ganancia de rendimiento de la estructura interior según el invento. La mejora de la transmisión de calor interna de la estructura interior según el invento en comparación con la estructura interior sólo de entallado simple está expresada mediante el número de Reynolds para flujo de agua. La altura de aletas interiores alcanza en ambos tubos aproximadamente 0,3 mm. La geometría de los mandriles primero y segundo empleados es idéntica en ambas estructuras interiores. El tubo de aletas con la estructura interior de entallado doble presenta una ganancia de la transmisión de calor interna en el intervalo de Reynolds de 20000 a 60000 del 8% al 20%.

### 45 Lista de signos de referencia

- 1 Tubo intercambiador de calor/Tubo de aletas
- 2 Aletas interiores
- 50 2a Aletas interiores según el primer mandril de laminación
- 2b Aletas interiores según el segundo mandril de laminación
- 55 3 Ranuras primarias
- 4 Ranuras secundarias
- 5 Ranuras terciarias
- 60 6 Aletas exteriores
- 6a Aletas exteriores según el primer útil de laminación
- 65 6b Aletas exteriores según el segundo útil de laminación
- 6c Ranuras de las aletas exteriores según el primer útil de laminación

## ES 2 343 653 T3

6d	Ranuras de las aletas exteriores según el segundo útil de laminación
7	Tubo liso
5	
10	Primer mandril de laminación
10a	Nervios del primer mandril de laminación
10	10b Ranuras del primer mandril de laminación
20	Segundo mandril de laminación
20a	Nervios del segundo mandril de laminación
15	20b Ranuras del segundo mandril de laminación
30	Tercer mandril de laminación
20	30a Nervios del tercer mandril de laminación
30b	Ranuras del tercer mandril de laminación
40	Barra de los mandriles de laminación
25	
50	Primer útil de laminación con discos de laminación
60	Segundo útil de laminación con discos de laminación
30	70 Tercer útil de laminación con discos de laminación
80	Soporte de útiles
35	
$\alpha 2$	Ángulo de abertura de ranura de las ranuras secundarias
$\alpha 3$	Ángulo de abertura de ranura de las ranuras terciarias
40	
$\beta 1$	Ángulo de pendiente de las aletas interiores
$\beta 2$	Ángulo de pendiente de las ranuras secundarias
45	$\beta 3$ Ángulo de pendiente de las ranuras terciarias
H	Altura de las aletas interiores
50	T2 Profundidad de entalla de las ranuras secundarias
T3	Profundidad de entalla de las ranuras terciarias
55	
P	Paso circular de las ranuras interiores
P2	Paso circular de las ranuras secundarias
60	P3 Paso circular de las ranuras terciarias
R	Sentido de laminación predeterminada por la flecha
65	

# ES 2 343 653 T3

## REIVINDICACIONES

1. Tubo intercambiador de calor (1) estructurado por ambos lados, con aletas exteriores integrales (6) en su lado exterior del tubo que se desarrollan en ejes paralelos o en forma helicoidal, y con una zona estructurada en el lado interior del tubo, con las siguientes particularidades:

- a) en el lado interior del tubo se extienden continuas sobre la circunferencia en ejes paralelos o en forma helicoidal aletas interiores integrales (2) de altura H con un ángulo de pendiente  $\beta_1$ , medido con respecto al eje del tubo, formando ranuras primarias (3),
- b) las aletas interiores (2) son cruzadas sobre la circunferencia total del tubo por ranuras secundarias (4) distanciadas unas de otras, que paralelas unas a otras con un ángulo de pendiente  $\beta_2$ , medido con respecto al eje del tubo, presentan una profundidad de entalla T2 y un ángulo de abertura de ranura  $\alpha_2$ ,
- c) las aletas interiores (2) y las ranuras secundarias (4) son cruzadas sobre la circunferencia total del tubo por ranuras terciarias (5) distanciadas unas de otras, que paralelas unas a otras con un ángulo de pendiente  $\beta_3$ , medido con respecto al eje del tubo, se extienden continuas sobre la circunferencia y presentan una profundidad de entalla T3 y un ángulo de abertura de ranura  $\alpha_3$ , **caracterizado** porque
- d) el paso circular P2 de las ranuras secundarias (4) es menor que el paso circular P3 de las ranuras terciarias (5), produciéndose mediante la realización de las ranuras terciarias una estructura interior de aletas interiores de entallado simple con una estructura superior en forma de hélice.

2. Tubo intercambiador de calor según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona estructurada en el lado interior del tubo se diferencia en el ángulo de abertura de ranura  $\alpha_2$  de las ranuras secundarias (4) y  $\alpha_3$  de las ranuras terciarias (5).

3. Tubo intercambiador de calor según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** porque la zona estructurada en el lado interior del tubo se diferencia en la profundidad de entalla T2 de las ranuras secundarias (4) y T3 de las ranuras terciarias (5).

4. Tubo intercambiador de calor según la reivindicación 3, **caracterizado** porque en la zona estructurada en el lado interior del tubo la profundidad de entalla T2 de las ranuras secundarias (4) es menor que la profundidad de entalla T3 de las ranuras terciarias (5).

5. Procedimiento para la fabricación de un tubo intercambiador de calor estructurado, según una de las reivindicaciones 1 a 4, con aletas exteriores (6) y aletas interiores (2) integrales, es decir, elaboradas a partir de la pared del tubo, que se desarrollan en forma helicoidal en el lado exterior del tubo y se extienden con ejes paralelos o en forma helicoidal en el lado interior del tubo, que son cruzadas y entalladas por ranuras secundarias (4) y por ranuras terciarias (5), en el cual se realizan las siguientes fases del procedimiento:

- a) en el lado exterior de un tubo liso (7) en una primera zona de conformado se forman aletas exteriores (6a) que se extienden en forma helicoidal, obteniéndose el material de las aletas por desalajo de material de la pared del tubo por medio de una primera fase de laminación y el tubo de aletas resultante mediante las fuerzas de laminación es desplazado en giro y empujado hacia delante en correspondencia a las aletas en forma helicoidal resultantes, siendo conformadas las aletas exteriores (6a) con altura en aumento a partir del tubo liso por lo demás no deformado,
- b) la pared del tubo en la primera zona de conformado es apoyada por un primer mandril de laminación (10) situado dentro del tubo, que está colocado giratorio y está perfilado, por lo que se configuran las aletas interiores (2),
- c) en una segunda fase de laminación, en una segunda zona de conformado distanciada de la primera zona de conformado se configuran las aletas exteriores (6b) con más altura en aumento y las aletas interiores (2) son provistas de ranuras secundarias (4), siendo apoyada la pared del tubo en la segunda zona de conformado por un segundo mandril de laminación (20) situado dentro del tubo, que asimismo está configurado giratorio y perfilado, cuyo perfilado sin embargo se diferencia del perfilado del primer mandril de laminación (10) en cuanto a la magnitud o la orientación del ángulo de hélice.
- d) en una tercera fase de laminación, en una tercera zona de conformado distanciada de la segunda zona de conformado son configuradas las aletas exteriores (6) con más altura en aumento y las aletas interiores (2) son provistas de ranuras terciarias (5), siendo apoyada la pared del tubo en la tercera zona de conformado por un tercer mandril de laminación (30) situado dentro del tubo, que asimismo está configurado giratorio y perfilado, y cuyo perfilado sin embargo se diferencia del perfilado del primer mandril de laminación (10) y del segundo mandril de laminación (20) en cuanto a la magnitud y/o la orientación del ángulo de hélice.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque como distancia de las zonas de conformado en esencia se emplea un múltiplo entero del paso de las aletas exteriores.

## ES 2 343 653 T3

7. Procedimiento según la reivindicación 5 o 6, **caracterizado** porque el diámetro exterior del segundo mandril de laminación (20) es seleccionado menor que el diámetro exterior del primer mandril de laminación (10).

5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** porque el diámetro exterior del tercer mandril de laminación (30) es seleccionado menor que el diámetro exterior del segundo mandril de laminación (20).

10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado** porque las profundidades T2 y T3 de las ranuras secundarias (4) y terciarias (5) se regulan mediante selección de los diámetros de los mandriles de laminación (20, 30) y mediante selección de los diámetros de los en cada caso mayores discos de laminación de los tres útiles de laminación (50, 60, 70).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

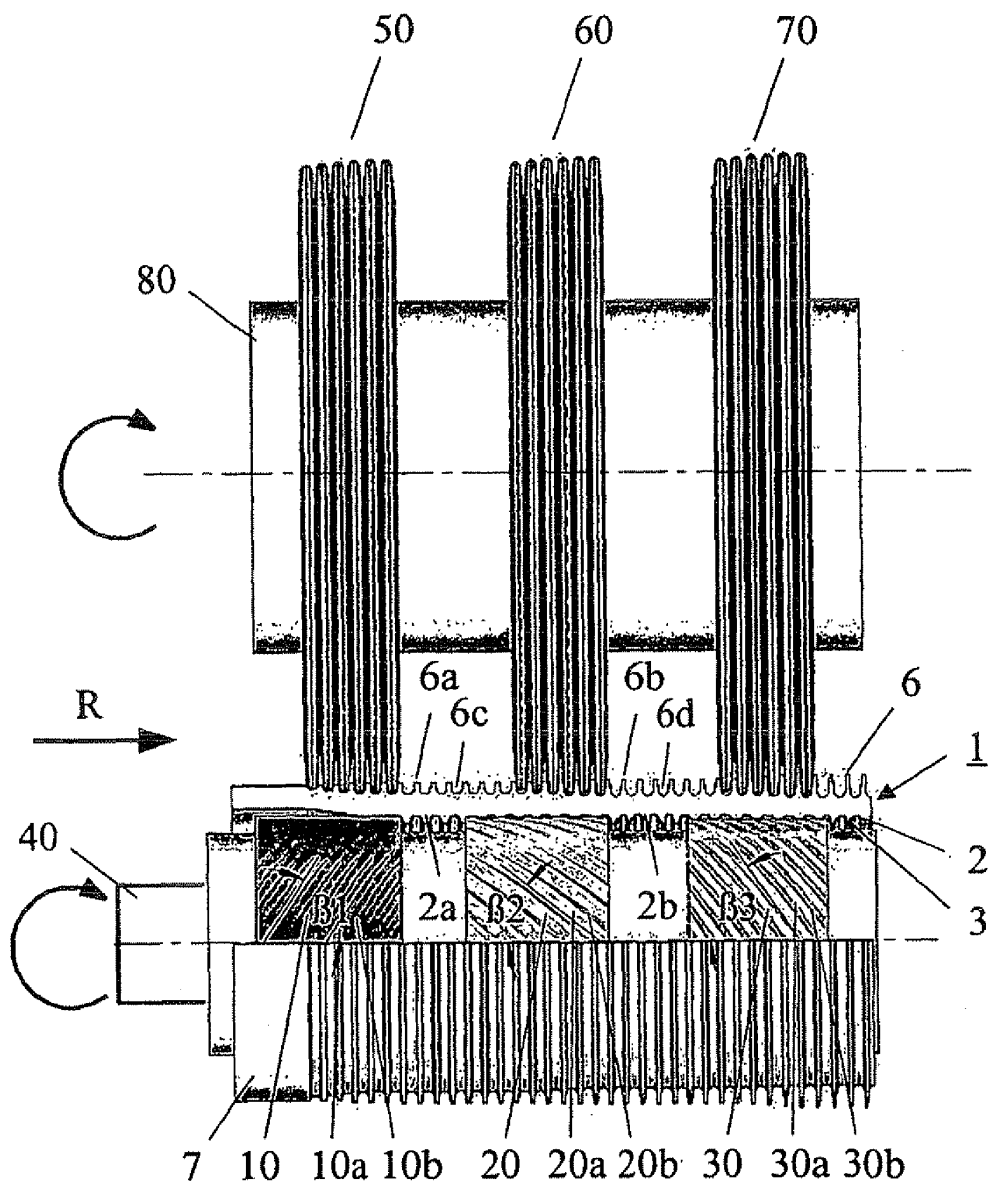


Fig. 1

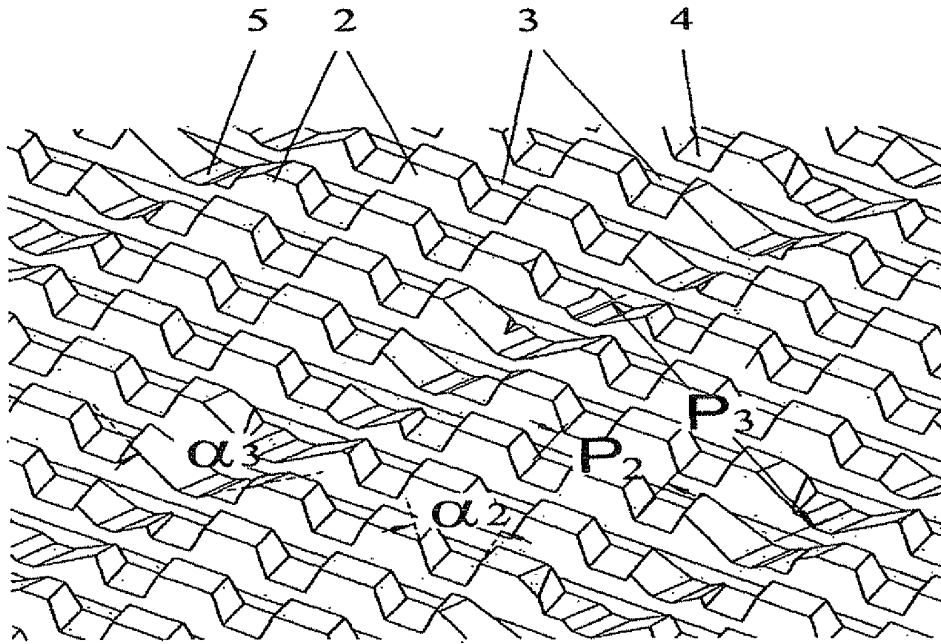


Fig. 2

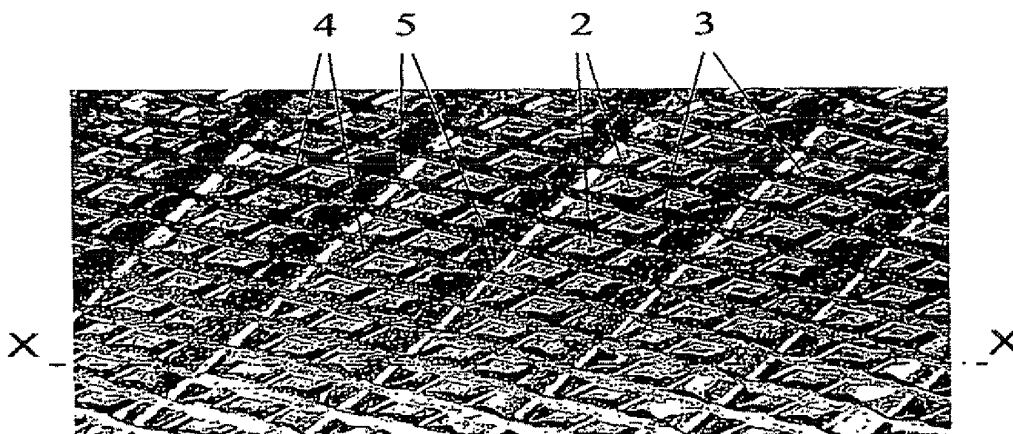


Fig. 3

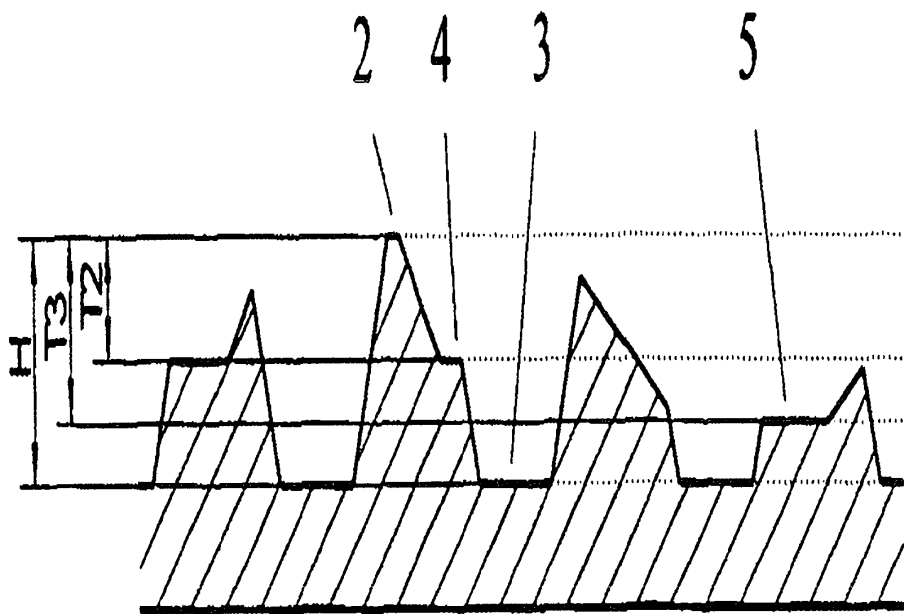


Fig. 4

FIG.5

