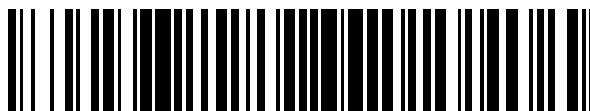


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 899**

51 Int. Cl.:

F28F 3/02 (2006.01)

F28D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.10.2016** **PCT/EP2016/001661**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017** **WO17059959**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2016** **E 16777909 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019** **EP 3359902**

54 Título: **Procedimiento para fabricar una lámina y un intercambiador de calor de placas con una lámina fabricada con tal procedimiento**

30 Prioridad:

08.10.2015 EP 15002883

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

27.03.2020

73 Titular/es:

LINDE AKTIENGESSELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE

72 Inventor/es:

RONACHER, MANFRED, GEORG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 750 899 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

Procedimiento para fabricar una lámina y un intercambiador de calor de placas con una lámina fabricada con tal procedimiento

La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una lámina, designada en inglés como 'Fin', para un intercambiador de calor de placas y a un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de placas. Por lo demás, la invención se refiere a un intercambiador de calor de placas soldado con una lámina fabricada según el procedimiento de la invención.

Los intercambiadores de calor de placas soldados de aluminio se emplean en numerosas instalaciones a las más diferentes presiones y temperatura. Encuentran aplicación, por ejemplo, en la descomposición del aire, en la licuación de gas natural o en instalaciones para la fabricación de etileno.

Un intercambiador de calor de placas soldado se muestra y describe, por ejemplo, en "The standards of the brazed aluminium plate-fin heat exchanger manufactures association" ALPEMA, tercera edición, 2010, página 5. Una figura tomada de allí se representa en la figura 1 y se describe a continuación.

El intercambiador de calor de placas mostrado allí comprende varias chapas de separación 4 dispuestas en una pila a distancia entre sí, que forman una pluralidad de pasos 1 para los medios que deben llevarse a intercambio de calor entre sí. Los pasos 1 están cerrados hacia fuera por medio de listones marginales 8 colocados enrasados en el borde de las chapas de separación 4, designados en inglés con 'Sidebars' 8. Dentro de los pasos 1 están dispuestas láminas 3 con estructura ondulada, designadas en inglés como 'Fins'. Las chapas de separación 4, las láminas 3 y los listones marginales 8 están unidos entre sí por soldadura y de esta manera forman un bloque compacto de intercambiadores de calor 10. Todo el bloque de intercambiadores de calor 10 está delimitado hacia fuera por chapas de cubierta 5.

Para la entrada y salida de los medios de intercambio de calor, sobre orificios de entrada y salida 9 de los pasos 1 están colocados acumuladores 7 semicilíndricos con racores 6, que sirven para la conexión de tuberías de entrada y salida. Los acumuladores 7 se designan a continuación también como cabeceras (Header) 7. Los orificios de entrada y salida 9 de los pasos 1 están formados por las llamadas láminas de distribución o bien aletas de distribución 2, que proporcionan una distribución uniforme de los medios sobre toda la anchura de los pasos 1 individuales. Los medios circulan en los canales formados por las láminas 3 y las chapas de separación 4 a través de los pasos 1.

Tales intercambiadores de calor de placas están formados con preferencia de aluminio. Las láminas 3 provistas, en parte, con soldadura, las chapas de separación 4, las láminas de distribución 2, las chapas de cubierta 5 y los listones marginales 8 se apilan en forma de un bloque en forma de paralelepípedo y a continuación se sueldan en un horno en un bloque de intercambiadores de calor 10. En general, la suelda se aplica antes de la soldadura a ambos lados de las chapas de separación y, dado el caso, sobre las láminas. Después de la soldadura en un horno de soldar se sueldan sobre el bloque de intercambiadores de calor 10 los acumuladores 7 con racores 6.

Las láminas se fabrican, en general, de chapas planas finas, que se pliegan con una prensa u otras herramientas adecuadas para la transformación por flexión para formar estructuras onduladas. Esto se describe en el documento DE 103 43 107 A1, que forma de esta manera el preámbulo del procedimiento según la invención. La figura 2 muestra un ejemplo de una lámina 3 formada a través de transformación por flexión. Ésta presenta una pluralidad de techos ondulados 31 y nervaduras onduladas 32, que se suceden, respectivamente, en una primera dirección espacial (D1). Los techos ondulados 31 de la estructura ondulada están unidos en la superficie, como se representa en la figura 11, después de la soldadura del bloque de intercambiadores de calor 10 en un horno de soldar con las chapas de separación 4 adyacentes respectivas a través de una unión soldada.

Las láminas 3 dentro de los pasos 1 cumplen tres competidos:

por una parte, se incrementa a través de las láminas la superficie de intercambio de calor. Para la optimización de la transmisión de calor se selecciona la alineación de la estructura ondulada en pasos vecinos en función del caso de aplicación para que se posibilite una circulación continua, cruzada, opuesta o cruzada-opuesta entre los pasos vecinos.

Por otra parte, las láminas con sus techos ondulados establecen a través de las uniones soldadas una unión positiva debajo de las chapas de separación. Las nervaduras onduladas de las láminas absorben las fuerzas, que actúan a través de la presión interior sobre las chapas de separación.

Además, las láminas sirven para dividir los pasos en canales pequeños, con lo que se consigue una distribución uniforme de un medio sobre toda la anchura de un paso y con ello se mejora el intercambio de calor entre los

medios que fluyen en pasos vecinos.

A través de las condiciones marginales que se cumplen en el proceso de transformación de la lámina 3, como radios interiores R2 y radios exteriores R1 de los cantos de las chapas 34 (figura 2) en la transición entre el techo ondulado 31 respectivo y la nervadura ondulada 32 y las tolerancias que aparecen en el proceso de transformación, la lámina 3 presenta con frecuencia desviaciones de una forma ideal deseada con respecto a una introducción ideal de la fuerza. Se ha mostrado que con ello se limita la resistencia mecánica de un intercambiador de calor de placas. El tamaño de los radios exteriores R1 se determina a través del tamaño de los radios interiores R2 y el espesor de pared S de la lámina.

Para mejorar la resistencia mecánica de un intercambiador de calor de placas con láminas, el documento DE 103 43 107 A1 propone fabricar las láminas de una placa gruesa, que o bien se extruye en caliente o se fabrica con un procedimiento por arranque de virutas para conseguir una forma rectangular de techos ondulados y nervaduras onduladas. En este caso, se proponen otros parámetros sobre la relación entre espesor de la estructura ondulada propiamente dicha y su división, es decir, la longitud de las ondas y la amplitud de las ondas. Un inconveniente de una conformación por arranque de virutas es que durante la soldadura del bloque de intercambiadores de calor en el horno de soldadura, la estructura de unión de la lámina fragmentada, creada por la mecanización previa por arranque de virutas absorbe más soldadura, con lo que se reduce de manera desfavorable la resistencia del material de las láminas. Una lámina fabricada a través de extrusión en caliente puede presentar sólo una anchura estrechamente reducida - en la dirección D2 representada en el documento DE 103 43 107 A1 - con sólo cuatro a cinco techos ondulados. Además, no se pueden fabricar geometrías perforadas y cortadas.

En el documento DE 10 2009 018 247 A1 se propone para elevar la resistencia de un intercambiador de calor de placas proveer un paso con una pluralidad de perfiles dispuestos adyacentes entre sí. A través de la utilización de perfiles debe incrementarse la superficie de contacto entre la chapa de separación y la lámina. Además, los perfiles presentan tolerancias de fabricación reducidas con respecto a los grados angulares pretendidos, de manera que resulta una introducción favorable de la fuerza. Sin embargo, se eleva el gasto de fabricación de un intercambiador de calor con perfiles como estructura de conducción de calor en los pasos, puesto que los perfiles deben aplicarse sobre las chapas de separación individuales adyacentes entre sí antes de la soldadura.

El cometido de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la fabricación de una lámina para un intercambiador de calor de placas, con el que se obtiene una lámina, que garantiza una alta resistencia de un intercambiador de calor de placas soldado fabricado con la lámina y de esta manera se puede emplear para aplicaciones de alta presión. El cometido es también la preparación de un intercambiador de calor de placas soldado y un procedimiento para su fabricación.

Este cometido se soluciona con un procedimiento para la fabricación de una lámina con las características de la reivindicación 1, con un intercambiador de calor de placas soldado con las características de la reivindicación 9 y con un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de placas según la reivindicación 8.

La presente solicitud de patente prepara un procedimiento para la fabricación de una lámina para un intercambiador de calor de placas, que presenta las siguientes etapas:

a) preparación de una estructura ondulada de una chapa transformada, con preferencia transformada por flexión, con al menos un techo ondulado con nervaduras onduladas, en donde el techo ondulado y las nervaduras onduladas están unidas, respectivamente, sobre un canto de chapa, y en donde el canto de chapa presenta un radio interior y un radio exterior, y

según la invención después de la etapa (a), en particular a continuación de la etapa (a)

b) transformación a presión, con preferencia extrusión en frío, de al menos un techo ondulado con nervaduras onduladas de la estructura ondulada de la etapa (a), de tal manera que se reduce el radio exterior de los cantos de la chapa entre el techo ondulado y la nervadura ondulada.

A través de la reducción del radio exterior del canto de la chapa se consigue que durante el proceso de soldadura en el horno de soldadura se configura una capa soldada óptima entre la chapa de separación respectiva y un techo ondulado. De esta manera se consigue que la capa soldada entre la chapa de separación y el techo ondulado de la lámina cubra con preferencia más del 80 %, de manera especialmente preferida más del 90 % de la sección transversal proyectada de una nervadura ondulada con espesor de capa soldada constante. Esto garantiza que las cargas de presión que actúan durante el funcionamiento del intercambiador de calor de placas a través de la presión de los medios sobre las chapas de separación sean introducidas de una manera óptima sobre toda la anchura de las nervaduras onduladas, con lo que se agota la capacidad de carga mecánica máxima de las nervaduras onduladas. De esta manera, se alcanzan presiones de reventón de más de 600 bares.

La lámina fabricada de acuerdo con la invención presenta una alta resistencia al pandeo. De esta manera se pueden apilar láminas de pared fina con espesores de pared inferiores a 0,3 mm en número mayor que hasta ahora en el proceso de fabricación y de esta manera se puede incrementar el número de los pasos de un intercambiador de calor de placas y su atura.

Con preferencia, el radio exterior del canto de la chapa, que está después de una etapa de transformación según la etapa (a) la mayoría de las veces en un intervalo de 0,2 mm a 1,6 mm, con frecuencia en un intervalo de 0,4 a 1,4 mm, se reduce en la etapa b) durante la transformación a presión a un radio exterior en el intervalo preferido de 0,05 mm a 1,5 mm, preferido de 0,05 mm a 0,90 mm, más especialmente preferido de 0,05 mm a 0,30 mm, todavía más especialmente preferido de 0,05 mm a 0,18 mm, más especialmente preferido de 0,07 mm a 0,18 mm, más especialmente preferido de 0,07 mm a 0,12 mm y más especialmente preferido de 0,10 mm a 0,12 mm.

Durante la transformación a presión según la etapa b) se trata de un procedimiento para la transformación de la estructura ondulada preparada, siendo realizado un estado plástico de al menos una parte del material, especialmente de tal manera que se posibilita una transferencia de material desde las nervaduras onduladas hasta la zona de los cantos de chapa. Por lo tanto, durante la transformación a presión según la etapa (b) se consigue con preferencia un estado plástico, que posibilita un desplazamiento de los límites de los granos dentro del material. La sollicitación a presión durante la transformación a presión puede tener uno o varios ejes. Con preferencia, se realiza una transformación a presión según DIN 8583. En particular, con preferencia durante la transformación a presión según la etapa b) se aplica una presión superficial, con preferencia a través de una estampa plana (con preferencia vertical) desde fuera sobre al menos un techo ondulado, mientras que de manera más preferida, las nervaduras onduladas adyacentes al techo ondulado están fijadas lateralmente a través de una matriz y de manera más preferida, los segundos y terceros techos ondulados adyacentes a las nervaduras onduladas son apoyados por una matriz. En este caso, la matriz puede estar configurada por una o más partes. Durante la extrusión, que se emplea en el marco de la presente invención de manera especialmente preferida como procedimiento de transformación a presión, se lleva el material del cuerpo bajo una presión a fluencia - es decir, a transformación plástica-, que está con preferencia por encima del límite de dilatación con 0,2 % de transformación plástica, que se indica también como $R_{p0,2}$ [N/mm²] en las hojas de datos del material. Este límite de dilatación como $R_{p0,2}$ [N/mm²] se puede obtener en un ensayo de tracción según ASTM B557M-15. Por lo tanto, se aplica con preferencia una presión de al menos 80 N/mm² sobre el material. En este caso, en general, una estampa presiona el cuerpo en o bien, dado el caso, a través de una matriz.

Con preferencia se emplea una extrusionadora en frío, en la que no se introduce calor desde el exterior en el material. Es decir, que en otras palabras la extrusión se realiza a temperatura ambiente, es decir, en general, a temperaturas por debajo de 50°C, especialmente por debajo de 40°C. La extrusión en frío posibilita una exactitud alta de la forma. Se pueden emplear tanto una extrusión delantera como también una extrusión trasera así como una extrusión transversal. También son aplicables combinaciones discrecionales de los procedimientos de extrusión mencionados. Durante la extrusión delantera, el flujo de material se dirige en la dirección de actuación de la estampa, en la extrusión trasera, en cambio, el flujo de material se dirige en contra de la dirección de actuación de la estampa. En la extrusión transversal, el flujo del material se dirige transversal a la dirección de actuación de la estampa.

Con preferencia, en la transformación a presión según la etapa b) se lleva al menos un techo ondulado y las nervaduras onduladas a una disposición rectangular, es decir, a un ángulo de 90° con una desviación con preferencia inferior a 1°, especialmente preferido inferior a 0,5° entre sí, o bien en el caso de que exista ya una disposición rectangular antes de la transformación a presión, se mantienen el techo ondulado y las nervaduras onduladas en su disposición rectangular. De esta manera se garantiza que las sollicitaciones a presión, que actúan durante el funcionamiento del intercambiador de calor de placas a través de la presión de los medios sobre las chapas de separación, sean introducidas sin cargas transversales como fuerzas de tracción en las nervaduras onduladas, con lo que se puede agotar la resistencia máxima a la tracción de las nervaduras onduladas. Después de la transformación por flexión de una chapa metálica placa en la estructura ondulada descrita, que se prepara con preferencia en la etapa a), el techo ondulado y las nervaduras onduladas, en cambio, en general, no están dispuestas idealmente en ángulo recto entre sí, sino que presentan desviaciones de algunos grados angulares - de hasta 3°-.

En la transformación a presión según la etapa b) se reduce la estructura ondulada con preferencia en su altura. La reducción de la altura está con preferencia en el intervalo de 0,4 mm a 1,2 mm, especialmente preferido en el intervalo de 0,8 mm a 1,0 mm. La división permanece con preferencia inalterada. En este caso, durante la transformación a presión, material plastificado o bien fluido de las nervaduras onduladas y el techo ondulado se desplaza a una zona del canto de chapa entre el techo ondulado y la nervadura ondulada, con lo que se reduce el radio exterior del canto de la chapa.

La estructura ondulada preparada en la etapa a) se puede obtener a través de transformación de una chapa con preferencia plana según un procedimiento de transformación conocido en el estado de la técnica. De acuerdo con

ello, la etapa del procedimiento a) comprende, además de la preparación de la estructura ondulada, también con preferencia la fabricación previa de la estructura ondulada a través de un procedimiento de transformación. Con preferencia, se trata de procedimientos de transformación según DIN 8582. Con preferencia, la transformación de la chapa se realiza a través de transformación por flexión. Esto puede comprender una flexión con movimiento lineal de la herramienta, movimiento giratorio de la herramienta o combinación de ambos movimientos. En todos los tres casos mencionados, se solicita la chapa a flexión. Con preferencia se realiza una transformación por presión según DIN 8586.

El procedimiento de fabricación según la invención para la lámina posee la ventaja de que apenas se modifica el espesor de pared de las nervaduras onduladas en comparación con el espesor de pared de la chapa plana como material de partida. Esto tiene mucha importancia para la resistencia de la lámina en la unión soldada con las placas de separación de un intercambiador de calor de placas.

Con el procedimiento según la presente invención se obtiene una lámina, en la que el espesor de pared de las nervaduras se reduce sólo de forma insignificante frente al espesor de pared la chapa plana, que forma el material de partida. La reducción porcentual del espesor de pared se calcula según la fórmula $((S1-S2)/S1)*100$, en la que S1 es el espesor de pared de la chapa plana como material de partida y S2 es el espesor de pared de la nervadura ondulada después de la transformación a presión según la etapa (b). La reducción porcentual del espesor de pared se define, por lo tanto, como la diferencia del espesor de pared S2 (representado en la figura 9) de las nervaduras onduladas después de la transformación a presión según la etapa b) y el espesor de pared S1 de la chapa plana como material de partida (S1 en la figura 8) dividido por el espesor de pared S1 de la chapa plana como material de partida multiplicado por 100 para obtener las porciones porcentuales. Esta reducción del espesor de pared es, en la presente invención, inferior al 10 %, especialmente preferido inferior al 5% y muy especialmente preferido inferior al 1%. Esto no se puede alcanzar con los procedimientos de transformación a presión exclusivos convencionales para una lámina. En los procedimientos de transformación a presión exclusivos convencionales para una lámina la reducción del espesor de pared es, en general, al menos 20%.

Con el procedimiento según la presente invención se incrementa de manera ventajosa el espesor de pared de la lámina en la zona del canto de chapa transformado a presión, es decir, en la zona de transición curvada desde un techo ondulado hacia una nervadura ondulada, en comparación con el espesor de pared de la chapa plana como material de partida. El aumento porcentual del espesor de pared en la zona del canto de chapa transformado a presión se calcula según la siguiente fórmula: $((S3-S1)/S1)*100$. En este caso, S3 es el espesor de pared transversal S3 (figura 9) en la zona del canto de flexión transformado a presión y S1 (figura 8) es el espesor de pared de la chapa, que representa el material de partida. Este aumento del espesor de pared se define, por lo tanto, como la diferencia de S3 y S1 dividida por S1 multiplicada por 100, para obtener el aumento porcentual. El aumento del espesor de pared es en la zona del canto de chapa transformado a presión mayor que 1 %, especialmente preferido mayor que 5 % y muy especialmente preferido mayor que 10 %. Con los procedimientos de transformación por flexión convencionales para una lámina no se puede alcanzar un aumento del espesor de pared en la zona del canto de chapa. En los procedimientos de transformación por flexión exclusivos según el estado de la técnica se produce, en general, una reducción del espesor de pared de la lámina en la zona del canto de chapa transformado por flexión.

En el procedimiento de fabricación según la invención para una lámina, en la estructura ondulada, que se fabrica en la etapa a), se suceden alternando con frecuencia un techo ondulado y una nervadura ondulada en una primera dirección espacial. La primera dirección espacial coincide con preferencia con la dirección de avance de la chapa durante la transformación de la chapa en la estructura ondulada mencionada en la etapa b). Con preferencia, durante la transformación con presión después de la etapa b) se realiza el avance de la estructura ondulada también en esta primera dirección espacial. Con preferencia, además, la dirección de avance de la chapa durante la laminación plana para la obtención de una chapa plana antes de la transformación en la estructura ondulada mencionada en la etapa a) coincide con la primera dirección espacial. Con otras palabras, esto significa que la dirección de avance de la chapa durante la laminación plana es de manera especialmente preferida igual que la dirección de avance de la chapa durante la transformación en la estructura ondulada mencionada en la etapa a) así como igual que la dirección de avance de la estructura ondulada durante la transformación con presión según la etapa b).

Con preferencia, la transformación mencionada en la etapa a), con preferencia transformación por flexión, de una chapa en una estructura ondulada y la transformación con presión según la etapa b) se realizan en un dispositivo o en dos o más dispositivos dispuestos uno detrás del otro. De esta manera, es posible procesar una chapa a partir de una bobina sin interrupción del material entre la transformación en mencionada en la etapa a) y la transformación con presión descrita en la etapa b). De esta manera se suprime un almacenamiento intermedio de chapa estructurada ondulada. En el marco de la invención, sin embargo, también es posible someter una chapa ya prefabricada con estructura ondulada a una transformación con presión según la etapa b).

De manera especialmente preferida, la transformación de la chapa en la estructura ondulada según la etapa a) y la

transformación con presión según la etapa b) se realizan sin interrupción del material, con preferencia de manera sucesiva en el tiempo en el mismo dispositivo. En este caso, se transforma con preferencia en primer lugar la chapa con al menos un techo ondulado - es decir, un techo ondulado o, por ejemplo, 2 ó 3 techos ondulados - con nervaduras onduladas respectivas en la estructura ondulada, con preferencia a través de transformación con presión y a continuación, con preferencia en el mismo dispositivo de avance que la transformación en la etapa a), se transforma con presión, con preferencia se extruye al menos un techo ondulado con nervaduras onduladas según la etapa b).

Especialmente preferido es un procedimiento, en el que en primer lugar se forma un único primer techo ondulado con nervaduras onduladas adyacentes a través de transformación, con preferencia a través de transformación por flexión, de la chapa y a continuación se transforma con presión este primer techo ondulado con nervaduras onduladas adyacentes, antes de que se forma un segundo techo ondulado, especialmente a través de transformación, con preferencia transformación por flexión, con transformación con presión siguiente. En otras palabras, por lo tanto, se preforma en primer lugar una onda, de cresta ondulada y nervaduras onduladas adyacentes, a través de transformación por presión y se transforma con presión inmediatamente después, antes de que se forme la onda siguiente. Un avance de la chapa se puede realizar entre la transformación de la primera onda según la etapa a) y la transformación con presión de la primera onda según la etapa b) o no está previsto ningún avance del material, entonces éste se puede realizar entre la formación de la primera onda y la segunda onda.

Según la presente invención, se prepara también un procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de placas, en el que se disponen una pluralidad de chapas de separación y láminas superpuestas alternando en una pila y se sueldan entre sí en un horno de soldar para formar un bloque intercambiador de calor en forma de paralelepípedo. Según la invención, se fabrica al menos una de las láminas según un procedimiento de fabricación descrito anteriormente. Con preferencia, se proveen las chapas de separación con una capa de suelda, que se aplica de manera especialmente preferida a través de plaqueado sobre las chapas de separación.

La lámina fabricada de acuerdo con la invención presenta una resistencia más elevada al pandeo que las láminas, que han sido plegadas exclusivamente según el procedimiento de transformación con presión del estado de la técnica. De esta manera, en la fabricación del intercambiador de calor de placas, las placas de separación y las láminas se superponen en una pila más alta, sin que se pandeen las láminas en pasos inferiores a través de la fuerza de peso de las placas de separación y las láminas superpuestas. Con respecto a otras ventajas del intercambiador de calor de placas fabricado con el procedimiento de fabricación, se remite a las explicaciones anteriores.

Con el procedimiento según la invención se puede preparar con preferencia una lámina de aluminio o de una aleación de aluminio para intercambiador de calor de placas, que presenta una estructura ondulada de una chapa:

- con techos ondulados dispuestos paralelos entre sí, en donde un techo ondulado está conectado a través de una nervadura ondulada con otro techo ondulado;
- en donde en una primera dirección espacial se suceden techo ondulado y nervadura ondulada,
- en donde el techo ondulado y la nervadura ondulada se unen entre sí por medio de un canto de chapa,
- en donde cada canto de chapa presenta un radio interior y un radio exterior, y
- en donde los techos ondulados presentan una superficie exterior plana.

Con preferencia, el radio exterior del canto de chapa tiene entre 0,05 mm y 0,18 mm, con preferencia entre 0,10 mm y 0,15 mm, especialmente preferido entre 0,10 mm y 0,12 mm. Se ha mostrado que durante el proceso de soldadura en el horno de soldar, se configura en un radio exterior del canto de chapa en las zonas definidas anteriormente entre la chapa de separación vecina y el techo ondulado de la lámina una costura de garganta de soldadura en la zona del canto de chapa, que posibilita una entrada óptima de la fuerza desde la chapa de separación en la nervadura ondulada.

La determinación de los radios exteriores se realiza en el marco de la presente invención, fundiendo una sección de lámina con varios techos ondulados y nervaduras onduladas en plástico y separándola a continuación en un plano perpendicularmente a los techos ondulados y las nervaduras onduladas y rectificándola lisa en la superficie. Con la ayuda de un procedimiento de medición de 3 puntos se determina a continuación el radio exterior del canto de chapa entre el techo ondulado y la nervadura ondulada. A tal fin, se colocan tres puntos sobre la sección transversal rectificada lisa del canto de chapa en el borde exterior del canto de chapa y se determina su posición mutua con la ayuda de una instalación de medición y un microscopio. A partir de las coordenadas bidimensionales determinadas de los tres puntos se calcula el radio exterior.

El radio interior del canto de chapa es con preferencia de 0,2 mm a 0,4 mm, especialmente preferido 0,3 mm.

La determinación del radio interior del canto de chapa se realiza de la misma manera que la determinación descrita anteriormente del radio exterior del canto de chapa. A diferencia el procedimiento anterior, se aplican los tres puntos

de medición sobre el borde interior del canto de chapa.

El espesor de pared de la lámina y, por lo tanto, el espesor de pared de los techos ondulados y de las nervaduras onduladas, tiene con preferencia de 0,2 mm a 1,0 mm. Con preferencia, los techos ondulados y las nervaduras onduladas dentro de una lámina de acuerdo con la invención presentan un espesor de pared igual en la zona definida anteriormente. En otras palabras, esto significa que los techos ondulados y las nervaduras onduladas de la lámina de acuerdo con la invención forman con preferencia precisamente secciones de pared con el mismo espesor de pared, de manera que en cada caso una chapa ondulada está conectada a través de un canto de chapa curvado en arista viva con una nervadura ondulada.

La lámina está formada a través de transformación de una chapa metálica plana, según el procedimiento de la invención a través de transformación en dos o más etapas del procedimiento de transformación, con preferencia según uno o varios procedimientos de transformación descrito en DIN 8582.

Con preferencia la etapa del procedimiento de transformación es una transformación con presión, con preferencia según DIN 8583, especialmente preferida una extrusión, en la que los radios exteriores de los cantos de la chapa se llevan a la zona deseada definida anteriormente.

Con preferencia, la transformación con presión no comprende ni una flexión ni una tracción del material de lámina. En la lámina según la invención, la etapa final de transformación con presión, especialmente la etapa de extrusión, se puede reconocer por que la textura especialmente en la zona del canto de chapa presenta granos esféricos en la transición desde un techo ondulado hasta una nervadura ondulada. Con preferencia, la textura presenta más del 50%, especialmente preferido más de 80% y más preferido más de 95% de granos de la textura, que poseen una forma cónica. La estructura de los granos esféricos es verificable en una micrografía de la textura.

En comparación con ello, las láminas, que han sido fabricadas exclusivamente a través de una transformación por flexión o una fabricación con arranque de virutas, presentan una textura con estructuras de granos en forma de granos de arroz extendidas alargadas. La razón de ello es que para la transformación por flexión y para la fabricación por arranque de virutas se emplean chapas laminadas planas, que presentan esta estructura de la textura con granos en forma de granos de arroz extendidas alargadas ya antes de la transformación por flexión y la fabricación por arranque de virutas. A través de la transformación por flexión, estos granos estirados alargados se pueden estirar todavía más.

En general, la superficie de la lámina presenta, después de la etapa de transformación con presión, una rugosidad media R_a inferior a $0,4 \mu\text{m}$ (micrómetros), la mayoría de las veces está en el intervalo de $0,2 \mu\text{m}$ a $0,4 \mu\text{m}$. Estos valores de la rugosidad de la superficie están condicionados por la herramienta, que se emplea en la transformación con presión según la invención. Los valores de la rugosidad de la superficie de la herramienta que actúa sobre la lámina, por ejemplo una estampa, se transmiten durante la transformación con presión sobre la lámina.

La rugosidad media R_a indica la distancia media de un punto de medición - sobre la superficie - con respecto a la línea media. La línea media corta dentro del trayecto de referencia el perfil real, de manera que se reduce al mínimo la suma de las desviaciones del perfil (con respecto a la línea media). La rugosidad media R_a corresponde, por lo tanto, a la media aritmética del importe de la desviación desde la línea media. Con la ayuda de la etapa final del procedimiento de transformación con presión se reduce la rugosidad media de la superficie de la lámina frente a la superficie de la lámina, que está fabricada exclusivamente a través de transformación por flexión con o sin tracción del material. La rugosidad media R_a de la superficie de láminas formadas a través de transformación con presión es aproximadamente $10 \mu\text{m}$.

Con preferencia, la lámina formada por una etapa de transformación con flexión se pasa a la etapa de transformación con presión. En la etapa de transformación por flexión, con preferencia según DIN 8586, se lleva una chapa metálica - con preferencia plana - a una estructura ondulada con al menos un techo ondulado con nervaduras onduladas.

Una transformación por flexión en el marco de la presente invención puede comprender una transformación por flexión pura a través de articulación alrededor de un eje de flexión, como también una articulación alrededor de un eje de flexión con una etapa de estiramiento, en la que la chapa se estira adicionalmente en una dirección espacial. A continuación se conecta con preferencia la etapa del procedimiento de transformación con presión, con preferencia etapa del procedimiento de extrusión en frío, en la que el radio exterior de los cantos de chapa formados en la transformación por flexión se reduce entre el techo ondulado y la nervadura ondulada. El radio interior de los cantos de chapa no se modifica con preferencia en la etapa del procedimiento de transformación con presión.

Con preferencia, en la lámina fabricada según la invención, el techo ondulado y las nervaduras onduladas están dispuestos en ángulo recto, es decir, en un ángulo de 90° con una desviación preferida inferior a 1° , especialmente preferida inferior a $0,5^\circ$ entre sí. De ello se deduce que también las nervaduras onduladas de la lámina fabricada

según la invención están dispuestas con preferencia paralelas entre sí. Además, el al menos un techo ondulado presenta una superficie exterior plana, es decir, lisa para preparar una superficie de unión soldada óptima en una chapa de separación en un intercambiador de calor de placa. Los techos de láminas presentan, respectivamente, desde un canto de chapa hacia el canto de chapa vecino con preferencia una desviación en su planeidad de 0,02 mm.

Con preferencia, la lámina está realizada perforada y/o cortada (la segunda designada en inglés también como "serrated"), como se muestra y se describe en "The standards of the brazed aluminium plate-fin heat exchanger manufactures association" ALPEMA, tercera edición, 2010 en las páginas 9 y 10. De manera más ventajosa, la lámina está constituida de aluminio o de una aleación de aluminio, especialmente preferido de una aleación de EN-AW 3003 según norma europea. De acuerdo con ello, una aleación de aluminio según la presente invención presenta un componente principal de aluminio, con preferencia con un porcentaje en masa de aluminio en la aleación total de al menos 90 % de aluminio, especialmente preferido de al menos 95 % de aluminio, y con preferencia menos de 99,9% de aluminio, especialmente preferido inferior a 99% de aluminio. Especialmente preferido, la porción de masa de aluminio en la aleación de aluminio está en el intervalo de 96,8% a 99%. Otros ingredientes de la aleación pueden ser uno o varios seleccionados del grupo: manganeso, hierro, cobre o silicio. El contenido de manganeso de la aleación de aluminio en porcentaje en masa está con preferencia en el intervalo de 1,0% a 1,5% de manganeso. El contenido de hierro de la aleación de aluminio en porcentaje en masa es con preferencia inferior a 0,7%. El porcentaje en masa de cobre en la aleación de aluminio es con preferencia inferior a 0,2 %. Con preferencia, la aleación de aluminio presenta un contenido de silicio en porcentaje en masa inferior a 0,5%, especialmente preferido inferior a 0,1%.

La presente invención comprende un intercambiador de calor de placas soldado con una pluralidad de placas de separación dispuestas en una pila y a distancia entre sí, que forman pasos para al menos dos fluidos que entran en intercambio de calor directo, en donde según la invención al menos un paso presenta una lámina descrita anteriormente o, dado el caso, varias láminas descritas anteriormente. A través de listones laterales (en inglés: Sidebars) dispuestos, en general, entre las placas de separación, los pasos están limitados lateralmente. En las placas de separación se trata, en general, de placas de separación planas de chapa, que están formadas con preferencia como la lámina de aluminio o de una aleación de aluminio.

Con preferencia, en el intercambiador de calor de placas la capa de suelta entre la chapa de separación y el techo ondulado de la lámina cubre más del 80%, con preferencia más del 90%, especialmente preferido más del 95% de la sección transversal proyectada perpendicularmente a la chapa de separación de una nervadura ondulada con espesor de capa de suelta uniforme.

Con la lámina fabricada según la invención se pueden conseguir las geometrías de cubierta de suelta anteriores y, por lo tanto, se pueden realizar presiones de explosión del intercambiador de calor de placas de más de 600 bares utilizando una aleación de aluminio EN-AW 3003 para la lámina.

Con preferencia, todos los pasos del intercambiador de calor de placas previstos para el flujo de medios están equipados con una o varias de las láminas descritas anteriormente. En este caso, el intercambiador de calor de placas presenta en una forma de realización preferida, por lo demás, los mismos componentes y la misma estructura que se han descrito al principio con relación a la figura 1.

El intercambiador de calor de placas según la invención se puede emplear también para una disposición de intercambiadores de calor de Núcleo-en-Cáscara o bien Bloque-en-Caldera, como se describe y representa en "The standards of the brazed aluminium plate-fin heat exchanger manufactures association" ALPEMA, tercera edición, 2010, página 66.

Con preferencia, los componentes como chapas de cubierta, chapas de separación y listones laterales del intercambiador de calor de placas están formados de aluminio o de una aleación de aluminio, como se describe especialmente en "The standards of the brazed aluminium plate-fin heat exchanger manufactures association" ALPEMA, tercera edición, 2010 en las páginas 45 y 46.

Las chapas de separación, que se pueden designar también como chapas de separación, presentan con preferencia un espesor de pared en el intervalo de 1,0 mm a 3,0 mm, especialmente preferido de 1,2 a 2,5 mm y más preferido de 1,4 a 1,7 mm. Las chapas de cubierta están realizadas, en general, con un espesor de pared mayor que las chapas de separación respectivas dentro del bloque de intercambiadores de calor. Las chapas de cubierta presentan, por lo tanto, un espesor de pared en el intervalo de 3 a 12 mm, especialmente preferido de 5 a 8 mm.

La lámina según la presente invención se puede emplear con ventaja para intercambiadores de calor de placas en las más diferentes secciones de proceso en instalaciones de descomposición del aire, instalaciones petroquímicas, instalaciones de hidrógeno, instalaciones de gas de síntesis o instalaciones de gas natural. La lámina se puede

emplear con ventaja para aplicaciones en el intervalo de temperatura inferior a 80°C, con preferencia para aplicaciones criogénicas a temperaturas en el intervalo de 0°C a -270°C.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de ejemplos de realización.

5 La figura 1 muestra un intercambiador de calor de placas de "The standards of the brazed aluminium plate-fin heat exchanger manufactures association" ALPEMA, tercera edición, 2010, página 5.

10 La figura 2 muestra una lámina 3 transformada por flexión en vista en perspectiva.

La figura 3 muestra la lámina de la figura 2 después de una etapa de transformación con presión según la presente invención.

15 La figura 4 muestra una lámina 3 en sección, transformada por flexión, en vista en perspectiva.

La figura 5 muestra la lámina de la figura 4 después de una etapa de transformación con presión según la presente invención.

20 La figura 6 muestra una lámina 3 perforada, transformada por presión en vista en perspectiva.

La figura 7 muestra la lámina según la figura 6 después de una etapa de transformación con presión según la presente invención.

25 La figura 8 muestra una vista en perspectiva de una chapa con secciones transformadas con presión y extruidas según un procedimiento de fabricación de una lámina según la invención.

La figura 9 muestra una sección transversal a través de una lámina 103 según la invención con chapas de separación 4 soldadas.

30 La figura 10 muestra un fragmento de detalle Y de la figura 9.

La figura 11 muestra una sección transversal a través de una lámina 3 transformada por flexión con chapas de separación 4 soldadas según el estado de la técnica.

35 La figura 12 muestra una representación esquemática de la textura de una chapa 20 o de una lámina 3 transformada por flexión según la etapa (a) de la figura 8.

La figura 13 muestra una representación esquemática de la textura de una lámina 103 según la invención de la figura 8 después de la etapa de transformación con presión (b).

40 El intercambiador de calor de placas según la figura 1 se ha explicado ya en la parte de introducción de la presente descripción. Una forma de realización preferida de un intercambiador de calor de placas según la invención presenta la misma estructura que se muestra en la figura 1, pero equipado con al menos una de las láminas 103 descritas en general anteriormente o descritas a continuación con referencia a las figuras 3, 5, 7, 8, 9 y 10.

45 La figura 2 muestra una lámina 3 según el estado de la técnica, que se obtiene a través de transformación por flexión de una chapa metálica plana con el espesor de pared S1. La lámina 3 presenta una estructura ondulada con techos ondulados inferior y superior 31, que están unidos entre sí por medio de nervaduras onduladas 32. Los techos ondulados 31 y las nervaduras onduladas 32 están unidos por medio de cantos de flexión redondos 34, en donde los cantos de flexión 34 presentan, respectivamente, un radio exterior R1 y un radio interior R2. El radio exterior R1 de los cantos de flexión 34 se determina a través del radio interior R2 y el espesor de pared S1. En una primera dirección espacial D1 se suceden alternando techo ondulado 31 y nervadura ondulada 32. La altura H1 de la lámina 3 se extiende en una segunda dirección espacial D2, que está alineada perpendicularmente a la primera dirección espacial D1.

50 En la tercera dirección espacial D3 se extienden una pluralidad de canales 36, que están formados, respectivamente, por un techo ondulado 31 con nervaduras onduladas 32 adyacentes y están delimitados en un intercambiador de calor de placas por chapas de separación 4, con las que está soldada la lámina 3 (figura 11). Los canales 36 son recorridos en el funcionamiento del intercambiador de calor de placas por un medio en la dirección espacial D3 (o en su dirección opuesta). La tercera dirección espacial D3 está alineada tanto perpendicularmente a la primera dirección espacial D1 como también perpendicularmente a la otra dirección espacial D2.

60 Con el signo "P1" se indica la división de la lámina 3. La división P1 indica la longitud de una sección de la estructura de la lámina 3, que se repite en la primera dirección espacial D1. Aquí ésta es la distancia desde el centro de la

pared de una nervadura ondulada 32 hasta el centro de la pared de una nervadura ondulada 32 siguiente. La presente lámina 3 presenta una división P1 relativamente pequeña con un espesor de pared S1 relativamente grande y, por lo tanto, radio exterior R1 relativamente grande. De esta manera, se configura plana solamente una porción relativamente pequeña de la superficie exterior 35 de un techo ondulado 31.

La figura 3 muestra una lámina 103 según una forma de realización de la presente invención. Ésta ha sido formada por un procedimiento de fabricación, que comprende una etapa de transformación por flexión con etapa siguiente de transformación con flexión. El procedimiento de fabricación se explica a continuación todavía en detalle con referencia a la figura 8.

La lámina 103 según la figura 3 presenta una estructura ondulada de arista viva con techos ondulados 131 y nervaduras onduladas 132, que se suceden alternando en la primera dirección espacial D1. Los techos ondulados inferior y superior 131 están configurados planos y se extienden, respectivamente, paralelos entre sí, es decir, con una desviación máxima de 1°, con preferencia de 0,5°. Las nervaduras onduladas 132 están dispuestas, respectivamente, en ángulo recto a los techos ondulados 131. Por lo tanto, también las nervaduras onduladas 132, que se extienden en la segunda dirección espacial D2, se extienden, respectivamente, paralelas entre sí, es decir, con una desviación máxima de 1°, con preferencia 0,5°. Los techos ondulados 131 están unidos, respectivamente, a través de cantos de chapas 134 de arista viva con las nervaduras onduladas 132. Los cantos de chapa 134 presentan, respectivamente, un radio exterior R101 y un canto interior R102. Los radios interiores en una aleación de aluminio según la Norma Europea ENAW-3003 son con preferencia de 0,2 mm a 0,4 mm y los radios exteriores según la invención son de 0,05 mm a 0,18 mm. La división se indica con P101 y es, en general, de 0,9 mm a 5,0 mm. La altura H101 de la lámina 103 puede ser de 4,0 mm a 12 mm. El espesor de pares S101 puede estar en el intervalo de 0,2 mm a 1,0 mm. El contorno de arista viva de los cantos de chapa 134 con radios exteriores R101 inferior a 0,2 mm se consigue a través de una etapa de transformación con presión, en la que la lámina 3 transformada por presión de la figura 2 se aplasta sobre todo en la segunda dirección espacial D2 y de esta manera se reduce en su altura hasta una altura 101. La reducción de la altura está, en general, entre 0,8 mm y 1,2 mm. Los techos ondulados 131 presentan de esta manera sobre toda su anchura (anchura que se extiende en la primera dirección espacial D1), aparte de las zonas de la superficie curvadas condicionadas por los radios exteriores R101, unas superficies exteriores planas 135 para la conexión óptima a través de soldadura con chapas de separación 4 igualmente planas, representadas en las figuras 9 y 10.

La figura 8 muestra una forma de realización de un procedimiento de fabricación para la lámina 103 mostrada en la figura 3. El material de partida para la fabricación de la lámina 103 es una chapa metálica lisa plana 20, por ejemplo de una aleación de aluminio según la Norma Europea ENAW-3003 con un espesor del material o bien espesor de pared S1. La chapa metálica 20 se desenrolla con preferencia de una bobina de chapa no representada. La chapa metálica plana 20 se obtiene a través de laminación plana de un lingote fundido. La textura de la chapa metálica 20 presenta, por lo tanto, granos 21 extendidos alargados, como se representa esquemáticamente en la figura 12.

En una primera etapa (a) del procedimiento de fabricación según la invención se lleva la chapa metálica plana 20, representada en la sección izquierda de la figura, a través de transformación por flexión a una estructura ondulada con uno, dos o más techos ondulados 31 con nervaduras onduladas 32 adyacentes respectivas, como se representa en la figura 2 y se ha descrito anteriormente. Con preferencia, a tal fin una o varias herramientas actúan en un movimiento lineal desde abajo y/o arriba perpendicularmente sobre la chapa 20. Con preferencia una flexión y estiramiento. La dirección de avance D1 representada con flechas de la chapa 20 durante la flexión de estiramiento coincide con la dirección espacial D1 representada en la figura 2. La transformación por flexión se puede realizar también a través de un movimiento giratorio de la herramienta o a través de una combinación de movimiento lineal y giratorio de la herramienta. Con preferencia, la transformación por flexión se realiza según un procedimiento descrito en DIN 8586. La textura (figura 12) de la lámina 3 transformada por flexión presenta después de la transformación por flexión según la etapa (a) granos de textura 21 extendidos alargados, en forma de grano de arroz, lo mismo que la chapa 20, que forma el material de partida. En la zona de los cantos de flexión redondos 34 de la lámina 3 los granos de la textura pueden presentar también curvaturas, lo que no se representa. Si la transformación por flexión incluye también una transformación por estiramiento, entonces los granos 21 pueden estar más extendidos frente a la textura presente en la chapa 20, es decir, que presentan una longitud mayor, lo que no se representa. La dirección de avance durante el laminado plano de la chapa 20 coincide con preferencia con la dirección espacial D1 y, por lo tanto, con la dirección de avance D1 durante la transformación por flexión según la etapa (a).

La estructura ondulada redonda 3 formada en la primera etapa (a), que se muestra en la sección media de la figura 8, se transforma en una segunda etapa (b) del procedimiento de fabricación según la invención a través de transformación con presión. A tal fin, sobre la superficie exterior 35 de uno o varios techos ondulados 31 de la estructura ondulada se aplica verticalmente, por ejemplo, por medio de una estampa plana (ilustrada por las flechas 50) desde fuera una presión superficial. Durante la transformación con presión se fija la onda respectiva del techo ondulado 31 y las nervaduras onduladas 32 adyacentes en una matriz no representada.

A través de la alta sollicitación a presión se lleva el material metálico a un estado plástico, en el que comienza a fluir.

- La transformación con presión se realiza a temperatura ambiente, es decir, que el metal no se calienta desde fuera antes de la transformación con presión o durante la transformación con presión. Por lo tanto, se designa como extrusión en frío. En esta extrusión en frío se lleva metal desde el techo ondulado 31 arqueado y desde las nervaduras onduladas 32 adyacentes a la zona del canto de flexión 34 a través de fluencia. De este modo se reduce el radio exterior del canto 34 desde el original R1 a R101 y se aplasta o bien se reduce la lámina en su altura de H1 a H101. La textura de la lámina 103 transformada con presión presenta granos esféricos de textura 121, como se representa esquemáticamente en la figura 13. La lámina 103 fabricada de esta manera presenta una superficie con una rugosidad media R_a inferior a 0,4 μm .
- El radio exterior R101 (retorno a la figura 8) tiene después de la transformación con presión con preferencia menos de 0,18 mm, especialmente preferido menos de 0,15 mm. La dirección de avance durante la transformación con presión se realiza como en la transformación por flexión en la dirección espacial D1. La transformación con presión de la estructura ondulada se realiza de acuerdo con ello principalmente en la dirección espacial D2.
- La etapa de transformación por flexión (a) y la etapa de transformación con presión (b) se realiza en la forma de realización mostrada de forma sucesiva en el tiempo, con preferencia sin interrupción del flujo de material en el mismo dispositivo.
- El resultado del procedimiento de fabricación según la figura 8 de la invención es la lámina 103 ya descrita anteriormente en la figura 3.
- La lámina 103 se utiliza para la fabricación de un intercambiador de calor de placas como se ha descrito anteriormente en la figura 1. En lugar de las láminas provistas en la figura 1 con los signos de referencia 2 y 3, se utilizan las láminas 103 según la figura 3.
- Chapas de separación 4 plaqueadas a ambos lados se disponen superpuestas alternando con láminas 103 y listones marginales 8 con chapas de cubierta exteriores 5 en una pila y se sueldan en un horno de soldar. A continuación se sueldan cabeceras 7 con racores 6 sobre el bloque de intercambiadores de calor soldados.
- La figura 9 muestra una sección transversal a través de una lámina 103 con chapas de separación 4 soldadas adyacentes. La figura 10 muestra un detalle Y de la figura 9. De ambas figuras se deduce que entre los techos ondulados 131 y las chapas de separación 4 se configura, respectivamente, una capa soldada 140 con un espesor d constante, que cubre la sección transversal Q, proyectada perpendicularmente a la chapa de separación 4, de la nervadura ondulada adyacente hasta 100%. De esta manera, se pueden introducir las fuerzas que actúan a través de la presión interior sobre las chapas de separación 4 por medio de la capa soldada 140 en las nervaduras onduladas 132 perpendicularmente sobre toda su sección transversal Q. Se forma una costura de garganta 141 con un radio exterior R101 en la zona según la invención de 0,05 mm a 0,18 mm fuera de la sección transversal Q proyectada de la nervadura ondulada, con lo que se consigue la geometría óptima de cobertura de capa soldada mencionada anteriormente.
- En la figura 9 se indica el espesor de pared de la lámina 103 transformada con presión en la zona de la nervadura 132 con el número de referencia S2. Con el procedimiento según la presente invención se reduce el espesor de pared S2 de las nervaduras 132 sólo en una medida insignificante en comparación con el espesor de pared S1 (figura 8) de la chapa plana 20, que representa el material de partida. La reducción porcentual del espesor de pared se calcula como sigue: $((S1-S2)/S1)*100$. Ésta es inferior al 10%, especialmente preferido inferior a 5% y muy especialmente preferido inferior a 1%. Esto no se puede conseguir con los procedimientos de transformación por flexión convencionales para una lámina. En las láminas exclusivamente transformadas por flexión según el estado de la técnica, la reducción porcentual del espesor de pared es en general al menos 20%.
- Además, en la figura 9 se representa un espesor transversal de pared en la zona del canto de chapa 134 transformado con presión con el signo de referencia S3. Con el procedimiento según la presente invención se incrementa el espesor de pared transversal S3 en la zona del canto de chapa 134 en comparación con el espesor de pared S1 (figura 8) de la chapa plana 20, que representa el material de partida. El aumento porcentual del espesor de pared se calcula como sigue: $((S3-S1)/S1)*100$. Éste es con preferencia mayor que 1%, especialmente preferido mayor que 5% y muy especialmente preferido mayor que 10%. Esto no se puede conseguir con los procedimientos de transformación por flexión convencionales para una lámina. Aquí se produce, en general, una reducción del espesor de pared de la lámina en la zona de un canto de chapa exclusivamente transformado por flexión.
- La figura 11 muestra la soldadura de una lámina 3 transformada exclusivamente por flexión según la figura 2 y, por lo tanto, según el estado de la técnica. En ésta, la costura de garganta 41, que se configura durante la soldadura entre el canto de flexión 34, que presenta el radio exterior R1 y la chapa de separación 4, está en la zona de la sección transversal Q proyectada de la nervadura ondulada. En la sección transversal Q proyectada no se forma ninguna capa soldada con espesor constante. La costura de garganta 41 no cubre, además, toda la sección transversal Q proyectada de la nervadura ondulada 32: zonas de la superficie F de las nervaduras onduladas 32 no

están conectadas a través de una capa de soldadura cerrada con las chapas de separación 4. Tal unión soldada se ha revelado como desfavorable para la resistencia del intercambiador de calor de placas.

5 La figura 4 muestra una lámina 3 cortada, transformada por flexión después de la etapa (a) (figura 8) del procedimiento según la invención y, por lo tanto, según el estado de la técnica. Ésta se fabrica a través de flexión de estiramiento de una chapa metálica plana con una sección que aparece superpuesta al mismo tiempo a través de estampa individual desplazada. El desplazamiento es en dirección D1 y se cambia sobre toda la anchura de la chapa en dirección D3. En general, la longitud de la sección L está entre 1,5 mm y 50 mm. En una etapa de transformación por presión (b) siguiente (según la figura 8), cuyo resultado se representa en la figura 5, se transfiere la estructura ondulada redonda de la figura 4 a una estructura ondulada de arista viva de la figura 5, en la que el radio exterior del canto de flexión se reduce de R1 a R101, preferiblemente a 0,05 mm a 0,18 mm.

15 La figura 6 muestra una lámina 3 perforada, transformada por flexión después de la etapa (a) (figura 8) del procedimiento según la invención y, por lo tanto, según el estado de la técnica. Las perforaciones (taladros 50) presentan, en general, distancias entre 2 mm y 30 mm y diámetros en el intervalo de 1 mm y 3 mm. En una etapa de transformación por presión siguiente (b) (según la figura 8), cuyo resultado se representa en la figura 7, se transfiere la estructura ondulada redonda de la figura 6 a una estructura de arista viva de la figura 7, en la que se reduce el radio exterior del canto de flexión de R1 a R101 a 0,05 mm a 0,18 mm.

20 La lámina 103 según las figuras 3, 5 y 7 se puede fabricar con el procedimiento según la invención en una anchura (en dirección D3) de por ejemplo 450 mm y una longitud (en dirección D1) de 1500 mm.

Lista de signos de referencia

Paso	1
Lámina de distribución	2
Lámina transformada por flexión (Fin)	3
Chapa de separación	4
Chapa de cubierta	5
Racor	6
Colector (cabecera)	7
Listón marginal (Barra lateral)	8
Orificio de entrada y salida	9
Bloque de intercambiadores de calor	10
Primera dirección especial	D1
Segunda dirección especial	D2
Tercera dirección especial	D3
Chapa metálica	20
Grano de textura	21
Techo ondulado	31
Nervadura ondulada	32
Canto de flexión	34
Superficie exterior de techo ondulado	35
Canal	36
Costura de garganta	41
Estampa	50
Radio exterior	R1
Radio interior	R2
Altura	H1
Espesor de pared de la chapa metálica 20	S1
División	P1
Zonas superficiales	F
Lámina transformada con presión	103
Grano de textura	121
Techo ondulado	131
Nervadura ondulada	132
Canto de chapa	134
Superficie exterior del techo ondulado	135
Canal	136
División	P101
Radio exterior	R101
Radio interior	R102

ES 2 750 899 T3

Altura	H101
Capa soldada	140
Costura de garganta	141
Espesor de pared del techo ondulado 131	S101
Espesor de pared de la nervadura ondulada 132	S2
Espesor de pared transversal con canto de chapa 134	S3
Sección transversal proyectada	Q
Espesor de capa soldada	d

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la fabricación de una lámina (103) para un intercambiador de calor de placas, que presenta las siguientes etapas:

(a) preparación de una estructura ondulada (3) de una chapa transformada, especialmente transformada por flexión, con al menos un techo ondulado (31) con nervaduras onduladas (32), en el que el techo ondulado (31) y las nervaduras onduladas (32) están unidos, respectivamente, a través de un canto de chapa (34), y en el que el canto de chapa (34) presenta un radio interior (R2) y un radio exterior (R1), caracterizado por

(b) transformación por presión, con preferencia extrusión en frío, de al menos un techo ondulado (31) con nervaduras onduladas (32) de la estructura ondulada (3) de la etapa (a), de tal manera que se reduce (R101) el radio exterior (R1) de los cantos de chapa (34) entre techo ondulado (31) y nervadura ondulada (32) respectiva.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el radio exterior (R1) de los cantos de chapa (34) se reduce en la etapa (b) a un radio exterior (R101) en un intervalo de 0,05 mm a 1,5 mm, especialmente de 0,05 mm a 0,18 mm.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que durante la transformación por presión se reduce la estructura ondulada (3) en su altura (H), especialmente en 0,4 mm a 1,2 mm.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos un techo ondulado (31) y las nervaduras onduladas (32) se llevan durante la transformación con presión a una disposición rectangular entre sí.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una chapa (20) se transforma en la estructura ondulada (3) con al menos un techo ondulado (31), especialmente uno, dos o tres techos ondulados, especialmente a través de transformación por presión, y a continuación al menos un techo ondulado (31) se transforma con presión con nervaduras onduladas (32) adyacentes según la etapa (b).

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que durante la transformación con presión según la etapa b) se aplica una presión superficial, especialmente a través de una estampa plana (50), desde fuera sobre al menos un techo ondulado (31), especialmente mientras se fijan lateralmente las nervaduras onduladas (32) adyacentes al techo ondulado (31), especialmente a través de una matriz.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado por que se forma un primer techo ondulado (31) con nervaduras onduladas (32) adyacentes a través de transformación, especialmente transformación por flexión de la chapa (20) y a continuación se transforma con presión el primer techo ondulado (31) con nervaduras onduladas (32), antes de que se forme un segundo techo ondulado (31) con nervaduras onduladas (32).

8. Procedimiento para la fabricación de un intercambiador de calor de placas, en el que se superponen una pluralidad de chapas de separación (4) y láminas (3, 103) alternando en una pila y se sueldan entre sí en un horno de soldar, para formar un bloque de intercambiadores de calor en forma de paralelepípedo, caracterizado por que al menos una (103) de las láminas (3, 103) se fabrica según un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

9. Intercambiador de calor de placas soldado con una pluralidad de chapas de separación (4) dispuestas en una pila y a distancia entre sí, que forman pasos (1) para al menos dos fluidos que entran en intercambio de calor indirecto, caracterizado por que al menos un paso (1) presenta una lámina (103) fabricada según un procedimiento de las reivindicaciones 1 a 7.

10. Intercambiador de calor de placas según la reivindicación 9, caracterizado por que la capa de soldadura (140) entre chapa de separación (4) y techo ondulado (131) de la lámina (103) cubre más del 80%, especialmente más del 90%, más particularmente más del 95%, la sección transversal (Q) proyectada perpendicularmente (140) a la chapa de separación (4) de una nervadura ondulada (132) con espesor de capa soldada (d) constante.

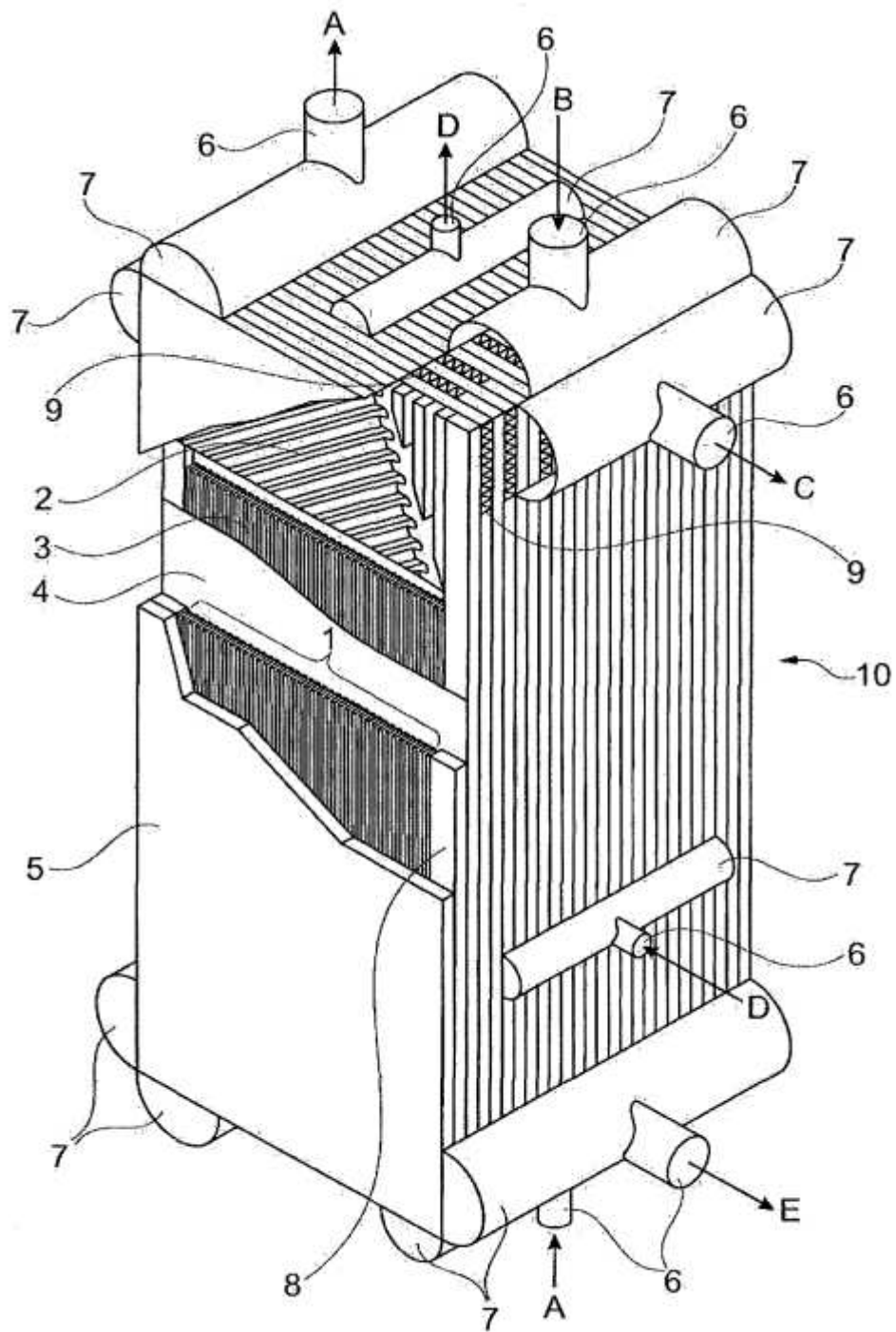


Fig. 1
Estado de la Técnica

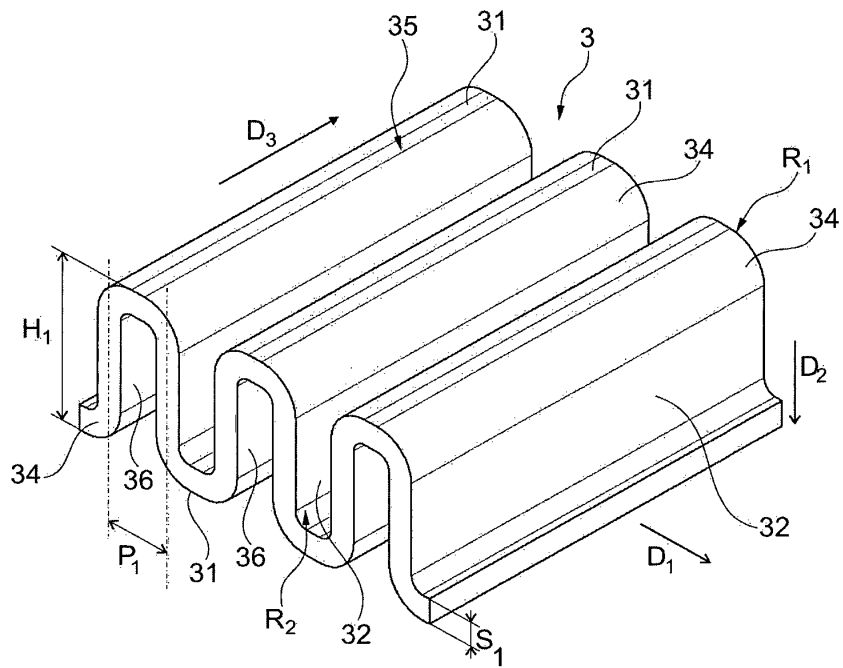


Fig. 2

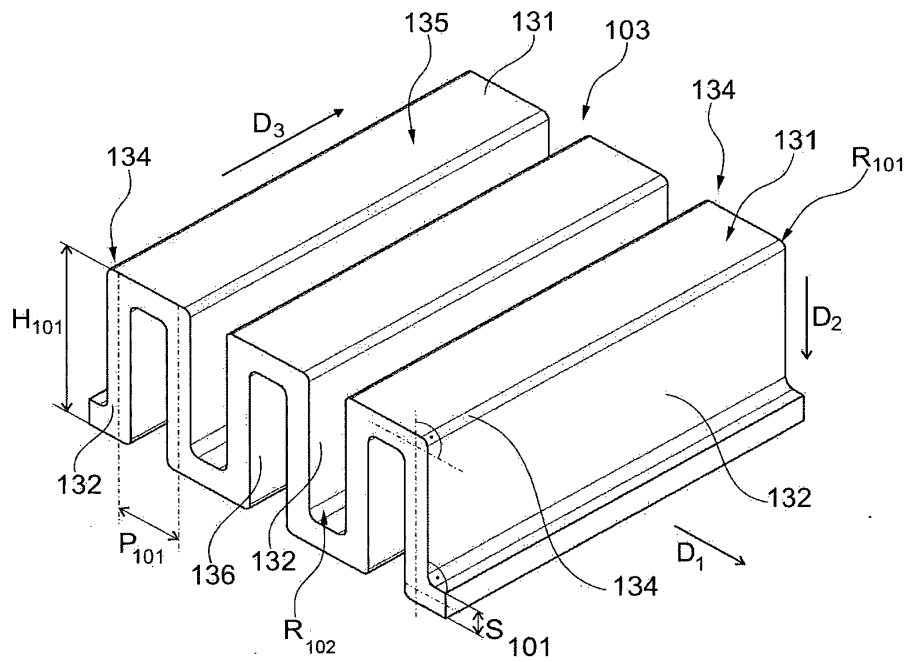


Fig. 3

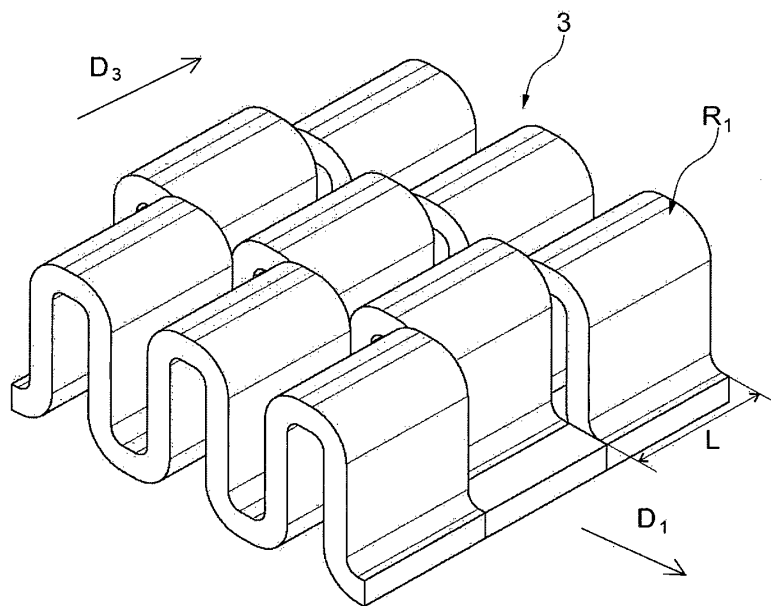


Fig. 4

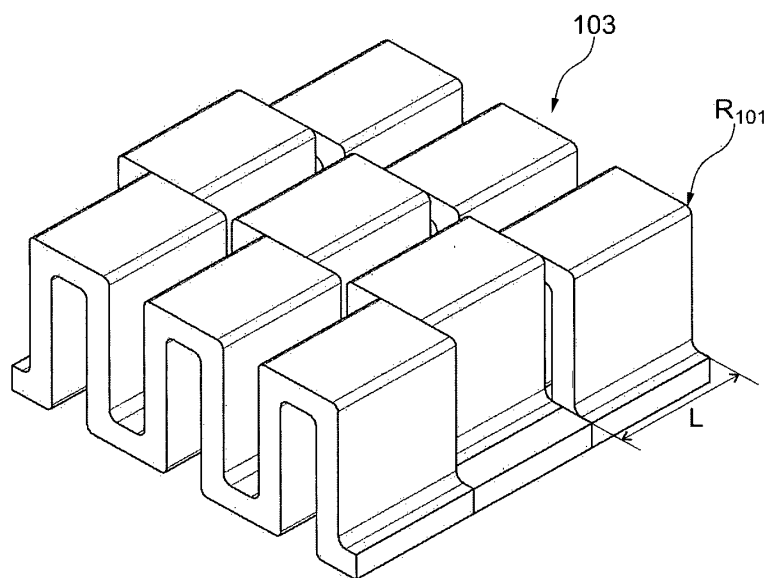


Fig. 5

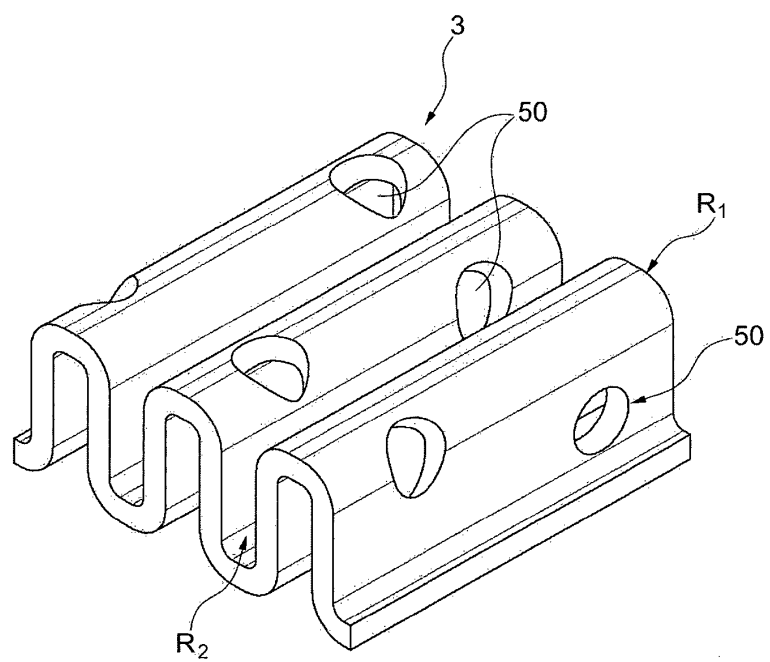


Fig. 6

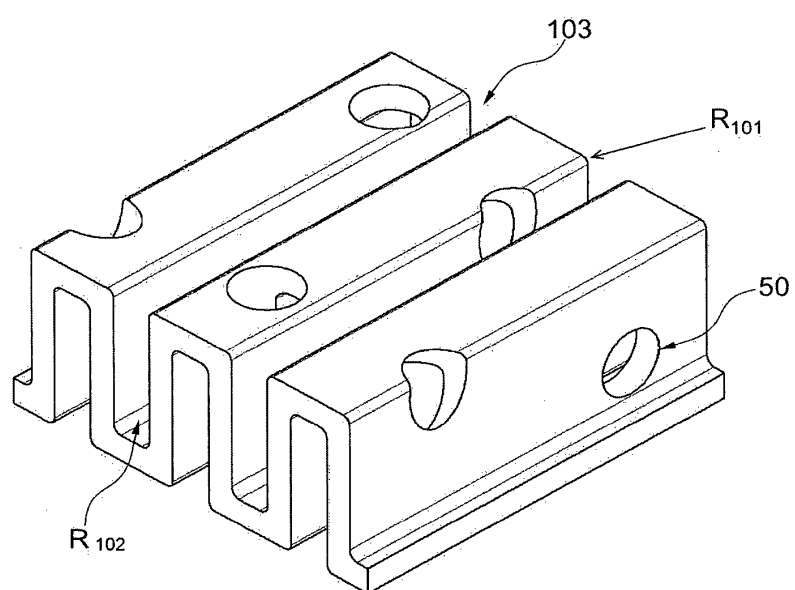


Fig. 7

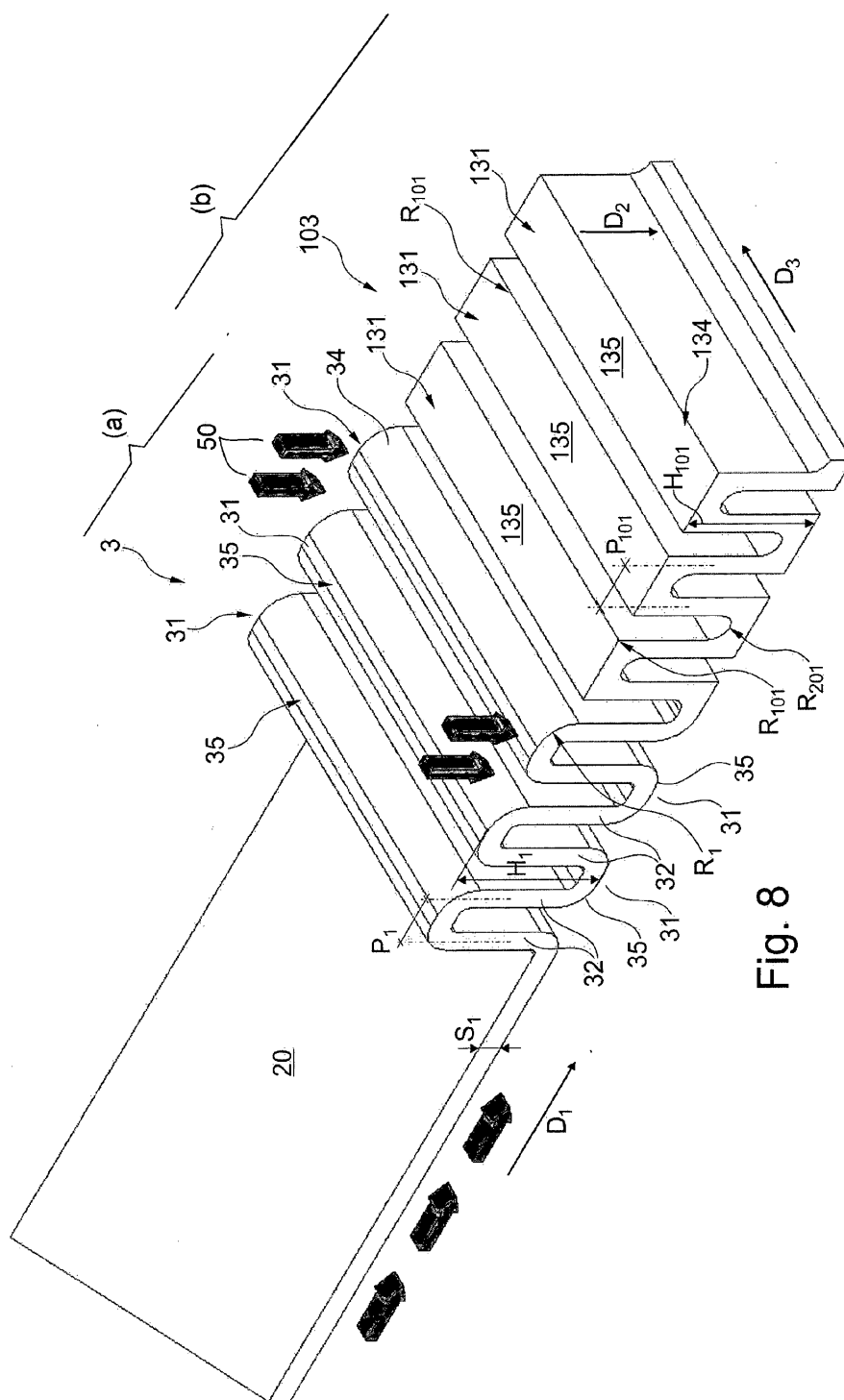
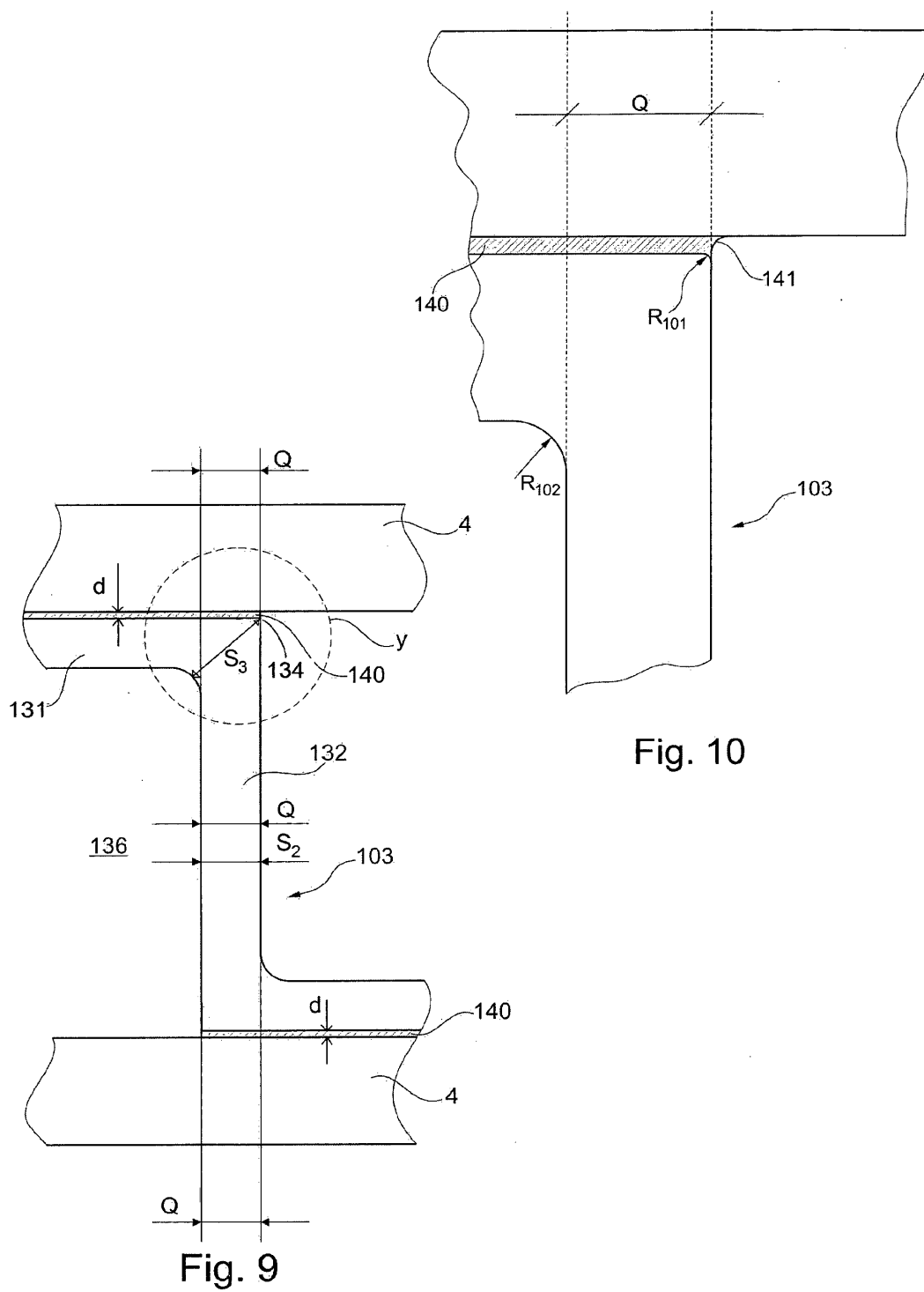


Fig. 8



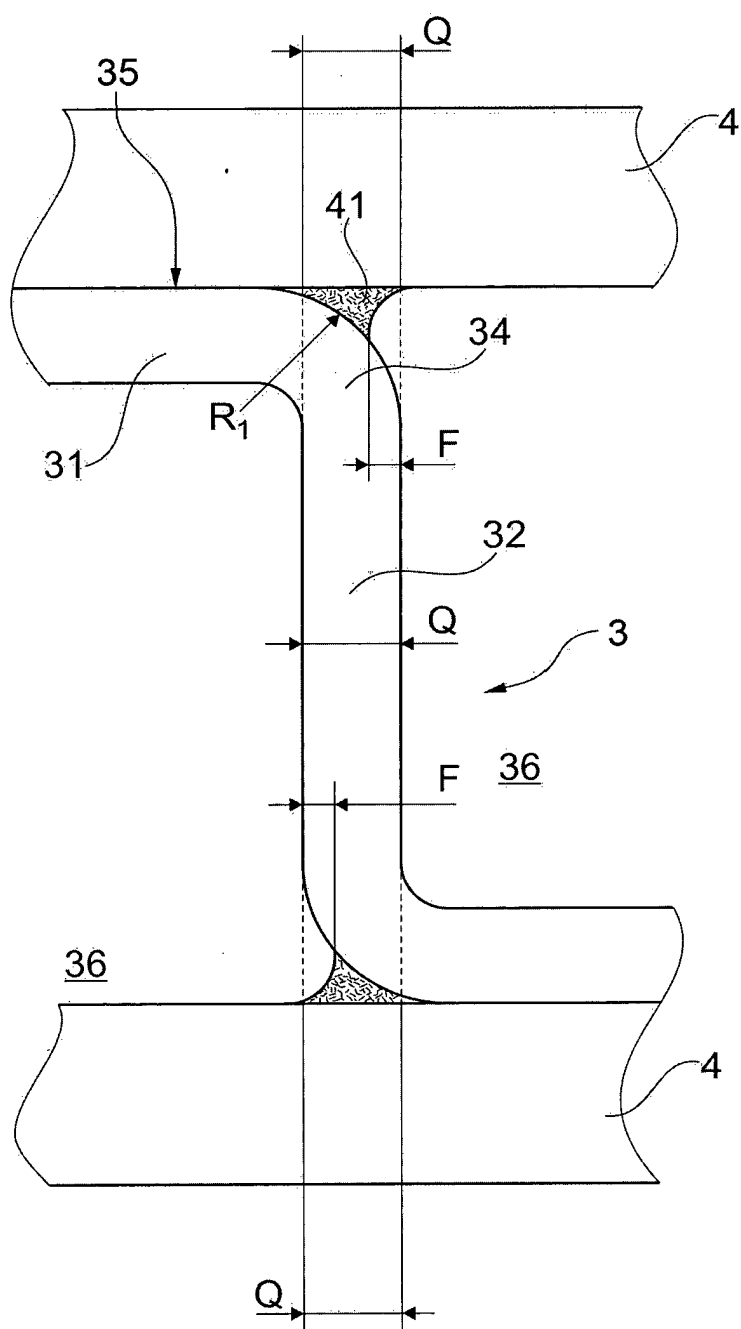


Fig. 11

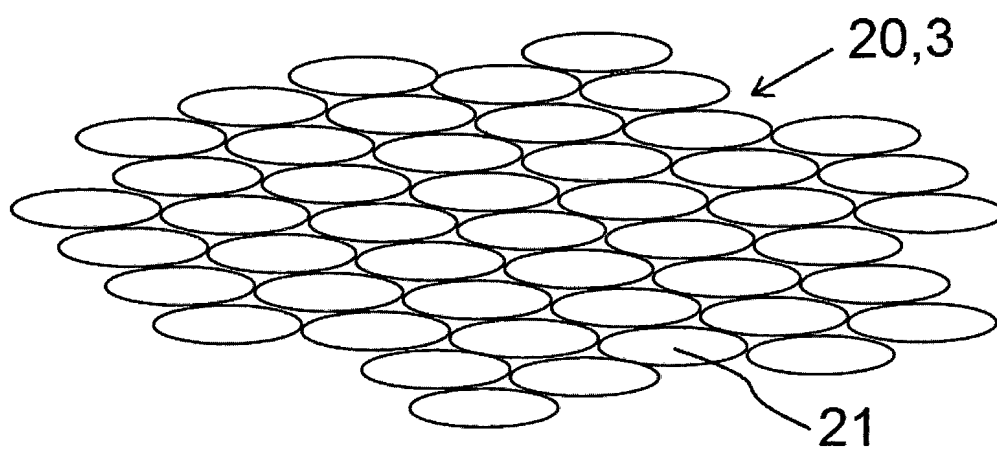


Fig.12

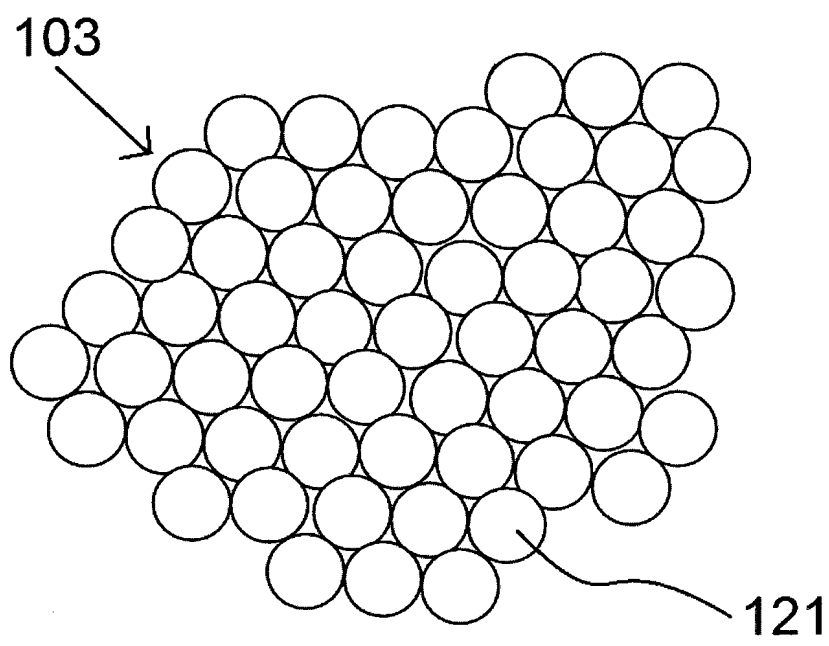


Fig.13