

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 896 009**

51 Int. Cl.:

B01D 1/06 (2006.01)

D21C 11/10 (2006.01)

F28F 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2018** **PCT/SE2018/050082**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2018** **WO18143880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2018** **E 18748565 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.08.2021** **EP 3544709**

54 Título: **Tubo de transferencia de calor y método para fabricar un tubo de transferencia de calor**

30 Prioridad:

03.02.2017 SE 1750094

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

23.02.2022

73 Titular/es:

VALMET AB (100.0%)
851 94 Sundsvall, SE

72 Inventor/es:

OLAUSSEN, LARS;
PETTERSSON, KRISTER;
APEL, MARTIN;
GOURDON, MATTIAS y
ÅKESJÖ, ANDERS

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 896 009 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

Tubo de transferencia de calor y método para fabricar un tubo de transferencia de calor

5 Campo técnico

La invención se refiere a un tubo de transferencia de calor vertical para la evaporación de películas descendentes de licor negro. El tubo de transferencia de calor tiene una superficie de medio de calentamiento dispuesta para calentarla mediante un medio de calentamiento, y una superficie de película descendente opuesta y orientada en dirección opuesta a dicha superficie de medio de calentamiento, cuya superficie de película descendente está dispuesta para que pase sobre ella licor negro que contiene lignina y otros componentes disueltos de material celulósico y/o materiales inorgánicos del material celulósico y productos químicos usados como una película descendente mientras se evapora el disolvente (principalmente agua) de la película descendente y, por lo tanto, aumentar el contenido de materia seca así como la viscosidad. El tubo de transferencia de calor se elabora de un material de chapa de metal, p. ej., un material de acero inoxidable de aleación alta con base de hierro con un contenido de aleación superior al 16,00 % de cromo y superior al 1 % de níquel, que corresponde, preferiblemente, a cualidades de aceros resistentes a la corrosión al menos como AISI 316 o AISI 304. La invención también se refiere a un evaporador de película descendente vertical que comprende tales tubos de transferencia de calor verticales de película descendente y a un método para fabricar tal tubo de transferencia de calor vertical como se ha descrito anteriormente.

Antecedentes

En el sector tecnológico general para mejorar la transferencia de calor, se han propuesto múltiples diseños para superficies de transferencia de calor. Sin embargo, ha resultado ser difícil mejorar las superficies de transferencia de calor en las etapas de evaporación del licor negro en los molinos de pulpa. Estos líquidos de origen biológico contienen frecuentemente una alta concentración de materia seca en forma de residuos de fibra, lignina y sales, lo que causa suciedad e incrustaciones en dichas etapas de evaporación. El contenido de materia seca puede en una primera etapa de evaporación ser del 20 % o más, y en las etapas finales de evaporación incluso alcanzar el 80 % o más, antes de quemar el licor negro en la caldera de recuperación. Por lo tanto, para evitar tal formación de suciedad e incrustaciones, los tubos de transferencia de calor están equipados predominantemente con superficies lisas en el lado del licor negro. Sin embargo, incluso con dichas superficies lisas muchas veces se observa que las precipitaciones se acumulan en las partes inferiores de dichas etapas de evaporación, requiriendo el apagado y acciones de limpieza intensivo. La posición de evaporación en la que se producen estas precipitaciones de flujo, es decir, el 1er, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° o 7° efecto de evaporación en el tren de evaporación, depende de la concentración actual de diferente contenido de materia seca, y que puede cambiar de un molino a otro dependiendo del perfilado químico de los procesos usados y el tipo y origen del material celulósico. Para limpiar los tubos de transferencia de calor, existe la necesidad de lavar los tubos de transferencia de calor mediante el uso de métodos de limpieza bastante fuertes, tales como equipos de limpieza de alta presión, limpieza con vapor o limpieza con ácido. Cualquier modificación de las superficies debe realizarse de tal manera que los tubos de transferencia de calor puedan lavarse y, al mismo tiempo, permitir la limpieza funcional de los tubos. En particular, las modificaciones de las superficies deben realizarse de manera que no se destruyan o dañen más por la operación de limpieza.

CN 201 145 509 describe un tubo de transferencia de calor que tiene un patrón en espiral de nervaduras y ranuras en el exterior e interior, respectivamente. Las nervaduras se hacen trabajando una chapa metálica, p. ej., mediante flexión o estampado, de manera que exista una protuberancia en un lado (fuera) y ranuras en el otro lado (dentro). Un objetivo de proporcionar al tubo este patrón es mejorar el intercambio de calor al ampliar un área de superficie y alterar el flujo para aumentar la turbulencia.

DE-36 43 794 C1 describe un tubo vaporizador de película descendente y un método para producir dicho dispositivo. El tubo se produce a partir de una chapa de metal delgada que se forma en espiral en un tubo. La chapa de metal se dobla a lo largo de sus bordes para tener una sección transversal ligeramente en forma de U antes de que la chapa de metal forme un tubo. Cuando forma un tubo, el perfil en forma de U hará que el tubo tenga un reborde saliente, que funciona como borde de goteo para el condensado, en el exterior, y una hendidura correspondiente en el interior que se extiende según un patrón en forma de espiral a lo largo del lado del tubo. Además, se describe que se puede usar soldadura para unir los bordes del material en chapa mientras se forma el tubo. Se sugiere usar soldadura de microplasma sin material de relleno como método de soldadura para un material inicial metálico.

Objeto de la invención

Un primer objeto de la invención es proporcionar un tubo de transferencia de calor mejorado para la evaporación de películas descendentes de licor negro que contiene lignina y otros componentes disueltos de material celulósico y/o materiales inorgánicos del material celulósico y productos químicos usados.

Un segundo objeto de la invención es proporcionar un método para fabricar dicho tubo de transferencia de calor.

Definiciones

A efectos de esta descripción, el término soldadura de superficie es una soldadura que se aplica sobre una superficie que produce una arista semicircular o en forma de media luna sobre la superficie lisa. Una soldadura a tope es una soldadura que se aplica entre dos placas colindantes y fusiona estas placas en una placa común a través de dicha soldadura a tope. La soldadura a tope puede aplicarse de manera que una arista en forma de media luna o semicircular sobresalga de la costura de soldadura. Ambos tipos de soldaduras pueden aplicarse durante una operación de soldadura de una sola pasada o de múltiples pasadas, es decir, la soldadura se forma durante una sola pasada o después de aplicar varias soldaduras una encima de la otra.

Con respecto a las aristas soldadas, generalmente si hay aristas formadas en lugares separados en la superficie envolvente, separadas en la dirección longitudinal del tubo de transferencia de calor, se considera que estas aristas están separadas aun cuando estén formadas por la misma soldadura. Por ejemplo, cuando una soldadura inclinada helicoidalmente cruza una línea en la superficie envolvente paralela al eje longitudinal del tubo de transferencia de calor, cada punto de cruce con la soldadura se considera una arista separada.

A efectos de esta descripción, el término capa delgada o película descendente (de licor negro) es una capa de licor negro que tiene preferiblemente un espesor de 1-10 mm, que fluye sobre una superficie calentada y en el lado opuesto de la capa se expone a un ambiente gaseoso en el que se evaporará el disolvente. El licor negro puede ser, por ejemplo, licor de cocción negro.

La invención

El primer objeto de la invención se logra con un tubo de transferencia de calor vertical como se ha descrito inicialmente, en donde la superficie de película descendente del tubo de transferencia de calor está equipada con una o varias soldaduras que forman una multitud de aristas de soldadura. Las aristas de soldadura están separadas a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor de manera que la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre aristas de soldadura adyacentes está dentro del intervalo de 0-250 mm. Las aristas de soldadura tienen una altura, medida ortogonalmente a la superficie de película descendente, en el intervalo de 0,3-5,0, con mayor preferencia, 0,5-2,0 mm y, con la máxima preferencia, 0,7-1,7 mm. Además, las aristas de soldadura tienen un ancho, medido a lo largo de la superficie de película descendente ortogonalmente a la dirección longitudinal de las aristas de soldadura, en el intervalo de 0,5-15 mm, con mayor preferencia 1-10 mm, y con la máxima preferencia de 1,5-5 mm, y dichas aristas de soldadura tienen un ángulo de inclinación con respecto a un plano ortogonal a un eje longitudinal del tubo de transferencia de calor en un intervalo de 0°-70°. Por consiguiente, las aristas de soldadura pueden diseñarse de manera que cada arista de soldadura esté inclinada, p. ej., teniendo una o más soldaduras continuas que se extiendan helicoidalmente a lo largo de una parte de la superficie envolvente del tubo de transferencia de calor para formar una multitud de aristas de soldadura inclinadas a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor. Asimismo, una multitud de soldaduras puede formar un patrón discontinuo o punteado de una forma helicoidal general que también forme una multitud de aristas de soldadura inclinadas a lo largo de la extensión longitudinal del tubo de transferencia de calor.

Alternativamente, las soldaduras podrían hacerse como un patrón general en forma de anillo, continuo o discontinuo, en la superficie envolvente del tubo de transferencia de calor y el patrón en forma de anillo puede inclinarse o extenderse dentro de un plano ortogonal al eje longitudinal del tubo de transferencia de calor mientras se forman aristas de soldadura en la superficie de película descendente. También es posible tener una multitud de soldaduras cortas, ya sea de las mismas longitudes o de longitudes diferentes, formando las aristas de soldadura. Por lo tanto, existen muchas maneras de diseñar las aristas de soldadura de manera que la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre las partes de aristas de soldadura adyacentes esté dentro del intervalo de 0 a 250 mm.

Estas aristas de soldadura proporcionan una alteración o turbulencia en la película delgada del licor de cocción negro que aumenta la velocidad de transferencia de calor mientras introducen solamente un aumento limitado de esfuerzo en el material. Esta solución también asegura que los tubos estén aún accesibles para las lanzas de rociado de vapor o ácido para la limpieza con vapor o ácido. Asimismo, las aristas de soldadura requieren volúmenes relativamente pequeños de material de soldadura.

El área de aplicación es de suma importancia para aumentar la eficiencia energética en el tren de evaporación de un molino de pulpa, ya que se usa aproximadamente $\frac{1}{3}$ de la demanda de energía total de un molino de pulpa moderno en la planta de evaporación. La superficie de calentamiento total en el tren de evaporación en un molino de pulpa moderno pero corriente puede exceder los 50,000 m². Si un tren de evaporación existente en un molino de pulpa necesita satisfacer una capacidad mayor, cuando los volúmenes totales de licor de cocción negro que evaporar aumentan a medida que aumenta la producción total de pulpa, esta capacidad de evaporación aumentada puede alcanzarse mediante modificaciones superficiales de las superficies de transferencia de calor en una estructura ya existente. Si se instala en una nueva planta

de evaporación, se puede disminuir la superficie total de calentamiento instalada, lo que permite una mayor reducción de costes.

Los tubos de transferencia de calor en estas aplicaciones se hacen típicamente de un material de acero inoxidable de aleación alta con base de hierro con un contenido de aleación superior al 16,00 % de cromo y superior al 1 % de níquel, que corresponde preferiblemente a cualidades de aceros resistentes a la corrosión como AISI 316 o AISI 304 o mejor o dúplex. Dichas cualidades de acero son necesarias para soportar la elevada concentración alcalina junto con una elevada concentración de sulfidez que podría causar Stress Corrosion Cracking (agrietamiento por corrosión por esfuerzo - SSC). AISI 316 tiene una composición de aleación de Cr: 16,00-18,00 %, Ni: 10,00-12,00 %; Mo 2,00-2,50 %; AISI 304 tiene una composición de aleación de Cr: 17,50-18,50 %, Ni 8,00-10,00 %; Dúplex de baja aleación/ASTM S32101 tiene una composición de aleación de Cr: 21,00-24,00 %, Ni: 1,00-5,50 %; Mo: 0,10-0,60 %; y dúplex de baja aleación/ASTM S32304 tiene una composición de aleación de Cr: 21,00-25,00 %, Ni: 3,00-6,00 %; Mo: 0,1-0,6 %. En estas aplicaciones, la deformación plástica excesiva debe mantenerse a un mínimo y tales modificaciones no son adecuadas generalmente para realizarlas en los tubos ya que tales deformaciones pueden dejar esfuerzos de esfuerzo altas en el material que pueden ser difíciles de liberar mediante tratamiento térmico pues los tubos son frecuentemente más largos que los hornos de calentamiento disponibles.

Las dimensiones descritas anteriormente de las aristas de soldadura (altura y ancho) se aplican, preferiblemente a evaporadores de tubo donde el diámetro del tubo está en el intervalo de 20-100 mm, aún con mayor preferencia, 40-60 mm, permitiendo la fácil aplicación de dicha soldadura que forma las aristas de soldadura no solo sobre o en tubos finalmente conformados, sino también en placas de acero planas que después se conforman y sueldan en tubos, (p. ej., mediante soldadura a tope a través de una soldadura que se extienda axialmente o soldadura a tope a través de una soldadura que se extienda en espiral).

La eficiencia energética puede aumentarse en hasta el 100 % con estas dimensiones y orientaciones de la(s) arista(s) de soldadura, al mismo tiempo que se cumple el requisito de posibilidad de limpieza si se produce precipitación en las superficies de transferencia de calor durante la evaporación de la capa delgada que pasa de licor de cocción negro.

En una realización preferida de la invención, la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre partes de aristas de soldadura adyacentes, es decir, entre un borde superior de una parte de arista de soldadura inferior y un borde inferior de una parte de arista de soldadura superior, está en el intervalo de 2-50 mm, y aún con mayor preferencia 5-20 mm. Generalmente, la turbulencia inducida por las aristas de soldadura tendrá un efecto en la película descendente para una distancia de aproximadamente 10 mm desde donde se induce la turbulencia hasta que el flujo turbulento vuelve a ser esencialmente laminar. La distancia específica depende de muchos parámetros tales como la forma y altura de la arista de soldadura, la viscosidad de la película líquida así como la velocidad en el flujo por lo que pueden desearse diferentes distancias entre las aristas de soldadura dependiendo de estas condiciones. En su disposición más cercana, las aristas de soldadura garantizarán una formación exhaustiva de turbulencia en la película delgada que nunca se estabilizará en un flujo laminar. En su disposición más distante, cada parte de arista de soldadura limita la longitud del flujo laminar que se forma por debajo de una arista de soldadura anterior.

En una realización preferida de la invención, la altura de dicha arista de soldadura está en el intervalo de 0,5-2,0 mm. Mantener la altura dentro de este intervalo limita la exposición de los tubos al esfuerzo térmico de la operación de soldadura y mantiene los costes bajos para el material de soldadura adicional.

La altura de la arista de soldadura puede ser mayor en tubos alimentados con licor de cocción negro con mayor contenido de materia seca que en tubos para licor negro con bajo contenido de materia seca. Por ejemplo, en un primer efecto de evaporación, donde el licor negro suministrado al efecto es del 20 %, la altura de la arista de soldadura puede ser aproximadamente 0,5 mm ya que esta puede ser suficiente para causar turbulencia en condiciones de viscosidad relativamente bajas, mientras que un efecto de evaporación posterior alimentado con licor negro con un contenido de materia seca del 50 % puede tener una altura de la arista de soldadura de aproximadamente 2,0 mm ya que esta puede requerirse para causar turbulencia en condiciones de mayor viscosidad.

En una realización preferida de la invención, el ancho de dicha arista de soldadura está en el intervalo de 0,5-15 mm, preferiblemente, 1-10 mm y, aún con mayor preferencia, 1,5-5 mm. Mantener el ancho dentro de este intervalo tiene la ventaja de inducir turbulencia en la película líquida al alterar el flujo de la película.

En una realización preferida de la invención, las aristas de soldadura están inclinadas en relación a un plano ortogonal al eje longitudinal del tubo de transferencia de calor y se extienden helicoidalmente a lo largo de al menos una parte de la longitud del tubo de transferencia de calor. Las aristas de soldadura están inclinadas con un ángulo menor o igual a 70° y, preferiblemente, menor o igual a 50°. En algunas realizaciones, el ángulo de inclinación preferible está dentro del intervalo de 1°-15° y, en otras realizaciones, dentro del intervalo de 15°-45°. Dicha arista de soldadura puede ser aplicada por un cabezal de soldadura que gire alrededor del tubo o rote dentro del tubo mientras se aplica la arista de soldadura. En una realización alternativa, al menos dos soldaduras

que forman las aristas de soldadura pueden inclinarse y extenderse en paralelo, lo que hace posible aumentar el ángulo de cada soldadura, es decir, cambiar el paso, al mismo tiempo que también aumenta la distancia, medida en la dirección longitudinal del tubo, entre las aristas de soldadura formadas por las respectivas soldaduras.

5 Otra realización de la invención puede incluir al menos dos aristas de soldadura que estén inclinadas en relación al plano ortogonal al eje longitudinal del tubo de transferencia de calor y dispuestas cruzadas entre sí. Tales aristas de soldadura que se intersecan pueden mejorar las velocidades de transferencia de calor a medida que la película descendente se hace pasar por varios cambios de dirección, induciendo turbulencia.

10 Ventajosamente, dichas aristas de soldadura inclinadas se extienden desde un extremo del tubo de transferencia de calor hasta el otro extremo del tubo de transferencia de calor.

En otra realización, una arista de soldadura puede extenderse dentro de un plano ortogonal o inclinarse en relación al eje longitudinal del tubo de transferencia de calor. Ventajosamente, las aristas de soldadura se forman por soldadura circular en la superficie de película descendente del tubo de transferencia de calor. Se pueden aplicar al menos cinco soldaduras que formen las aristas paralelas a la superficie de película descendente del tubo de transferencia de calor. Ventajosamente, la distancia entre cada arista de soldadura a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor, es decir, entre un borde superior de una arista de soldadura inferior y un borde inferior de una arista de soldadura superior, está dentro del intervalo de 0-250 mm, preferiblemente, 2-50 mm y, aún con mayor preferencia, dentro del intervalo de 5-20 mm. El límite superior del número de tales soldaduras circulares aplicadas está restringido por la longitud total del tubo y la distancia entre las aristas de soldadura a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor. En una realización de la invención, al menos la mitad de la longitud del tubo intercambiador de calor está provisto de aristas de soldadura y, con mayor preferencia, esencialmente todo el tubo intercambiador de calor está provisto de ranuras de soldadura a una distancia entre sí, es decir, entre un borde superior de una arista de soldadura inferior y un borde inferior de una soldadura de soldadura superior, en el intervalo de 3-50 mm y, con mayor preferencia, en el intervalo de 5-20 mm.

En una realización preferida, se aplica al menos una soldadura que forma una arista de soldadura a la superficie de medio de calentamiento del tubo de transferencia de calor, cuya superficie de medio de calentamiento está expuesta al medio de calentamiento y es calentada por este. Tales soldaduras aumentarán el área total expuesta al medio de calentamiento y, por lo tanto, la energía transferida desde el medio de calor.

Una soldadura puede ser continua, es decir, formando una hilera continua de aristas de soldadura, o discontinua, es decir, comprendiendo una pluralidad de soldaduras separadas que formen aristas separadas dispuestas en línea a una distancia entre sí.

Una arista de soldadura puede formarse mediante una soldadura de superficie aplicada directamente en la superficie de medio de calentamiento o superficie de película descendente, pero también puede ser parte de una soldadura por fusión a tope que se use para soldar diferentes partes del tubo entre sí.

Al menos una superficie del tubo de transferencia de calor puede equiparse con ranuras y/o salientes plásticamente formados. Estos salientes y ranuras se extienden ventajosamente entre o cruzando dichas aristas de soldadura, pero también se pueden usar como alternativa a dichas aristas de soldadura. Ventajosamente, los salientes tienen la misma altura (0,3-5,0 mm), ancho (0,5-15 mm), ángulo de inclinación (0°-70°) y separación (0-250 mm) que las aristas de soldadura descritas anteriormente. Las ranuras tienen ventajosamente una profundidad (0,3-5,0 mm), un ancho (0,5-15 mm), un ángulo de inclinación (0°-70°) y una separación (0-250 mm). La superficie de película descendente está provista ventajosamente de protuberancias, para crear una alteración en la película delgada de licor de cocción negro, y la superficie de medio de calentamiento está provista ventajosamente de ranuras, para aumentar el área de superficie expuesta al medio de calentamiento. Estos salientes y ranuras se aplican adecuadamente en o sobre la placa original de acero inoxidable antes de enrollar la placa en un tubo, ya que habrá más esfuerzo en el material si las ranuras y salientes se elaboran después de conformar el tubo. Al menos una superficie del tubo de transferencia de calor puede estar equipada con pasadores del mismo orden de altura (0,3-5,0 mm), ancho (0,5-15 mm), inclinación (0°-70°) y separación (0-250 mm) que las aristas de soldadura descritas anteriormente. Tales pasadores se aplican ventajosamente en evaporadores de tubo donde el medio de calentamiento usado es vapor limpio.

Los salientes, ranuras y pasadores descritos anteriormente introducen solamente un aumento limitado de esfuerzo en el material, de manera que se evita el agrietamiento por corrosión por esfuerzo.

60 El tubo de transferencia de calor según la invención es adecuado para el licor negro con un contenido de materia seca superior al 0,5 %, e incluso más adecuado para el licor negro con un contenido de materia seca dentro de un intervalo del 15-50 %.

El tubo de transferencia de calor según la invención es particularmente adecuado para evaporadores de películas descendentes verticales.

La invención se refiere, además, a un evaporador de película descendente vertical para evaporar licor negro que comprende un armazón (1) que contiene un conjunto (2) con múltiples tubos (9) de transferencia de calor dispuestos verticalmente en el armazón (1) **caracterizado por que** el evaporador de tubos comprende tubos (9) de transferencia de calor de película descendente verticales según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

La invención se refiere, además, a un método para fabricar un tubo de transferencia de calor vertical como se ha descrito anteriormente que tiene una superficie de medio de calentamiento y una superficie de película descendente fabricadas de un material de chapa de metal. El método comprende la etapa de aplicar una o varias soldaduras que forman una multitud de aristas de soldadura a la superficie de película descendente del tubo de transferencia de calor. Las aristas de soldadura están separadas a lo largo del eje longitudinal (CC) del tubo de transferencia de calor de manera que la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre aristas de soldadura adyacentes está dentro del intervalo de 0-250 mm. Las aristas de soldadura tienen una altura en el intervalo de 0,3-5,0 mm, un ancho (w ; w_2) en el intervalo de 0,5-15 mm y un ángulo de inclinación (α ; α_1 , α_2) con respecto a un plano ortogonal a un eje longitudinal (CC) del tubo (9) de transferencia de calor en un intervalo de 0°-70°.

Según un método, una o varias soldaduras de superficie que forman una multitud de aristas de soldadura pueden aplicarse sobre una superficie de un tubo de transferencia de calor ensamblado, como una modificación de servicio de los tubos de transferencia de calor en etapas de evaporación existentes. Si la película delgada de licor negro fluye en el exterior del tubo, como en las Figuras 1a y 1b, podría usarse un cabezal de soldadura giratorio montado alrededor del tubo. Después, el cabezal de soldadura giratorio puede impulsarse axialmente a lo largo del tubo mientras gira de manera que se aplique la soldadura de superficie. Si la película delgada de licor negro fluye en el interior del tubo, como en la Figura 2, se podría usar un cabezal de soldadura rotatorio que se extienda dentro del tubo.

En un método alternativo para fabricar el tubo de transferencia de calor, la una o varias soldaduras de superficie que forman una multitud de aristas de soldadura pueden aplicarse sobre una superficie mientras se conforma una tira de acero plana en un tubo. Mediante la integración de la aplicación de soldadura durante la operación de formación del tubo, podrían mantenerse las horas de trabajo totales para los tubos modificados en el mismo orden que para los tubos no modificados.

En otro método alternativo para fabricar el tubo de transferencia de calor, la una o varias soldaduras de superficie que forman una multitud de aristas de soldadura pueden aplicarse en al menos un lado de una tira de acero plana antes de conformar la tira en forma tubular y soldar los bordes de la tira de acero entre sí con una soldadura por fusión a tope. La aplicación de la soldadura de superficie sobre la tira de acero plana permitiría el uso de máquinas soldadoras estándares.

También es posible aplicar una o varias soldaduras de superficie que formen una multitud de aristas de soldadura sobre una superficie de una tira de acero mientras se conforma la tira de acero plana en una forma tubular al conformar en espiral la tira de acero plana y soldar los bordes de la tira de acero entre sí con una soldadura por fusión a tope, en donde las aristas de soldadura se forman integradas a dicha soldadura por fusión a tope. Esto se realiza, preferiblemente, controlando la alimentación del cabezal de soldadura a medida que pasa sobre la soldadura a tope que formar.

Dibujos

Las figuras muestran realizaciones preferidas de la invención, en donde

la Fig. 1a y 1b muestra, en vistas ortogonales en sección transversal, un evaporador de tubos, en donde el licor negro fluye como una película delgada en la superficie exterior de los tubos de transferencia de calor;

la Fig. 2 muestra esquemáticamente un evaporador de tubos alternativo, en donde el licor negro fluye como una película delgada en la superficie interior de los tubos de transferencia de calor;

la Fig. 3a muestra una primera realización de la modificación de superficie de la invención del tubo de transferencia de calor con una sola soldadura de superficie continua aplicada, con una parte ampliada mostrada en la Fig. 3b, mostrando la Fig. 3c una sección transversal de la soldadura de superficie aplicada;

la Fig. 4a muestra una segunda realización de la modificación de superficie de la invención del tubo de transferencia de calor con múltiples soldaduras de superficie paralelas y continuas aplicadas, con una parte ampliada mostrada en la Fig. 4b;

la Fig. 5a muestra una tercera realización de la modificación de superficie de la invención del tubo de transferencia de calor con tanto soldadura de superficie continua como soldadura a tope cruzada, con una parte ampliada mostrada en la Fig. 5b, mostrando la Fig. 5c una sección transversal de la soldadura a tope aplicada;

la Fig. 6a muestra una cuarta realización de la modificación de superficie de la invención del tubo de transferencia de calor con una sola soldadura a tope continua aplicada, con una parte ampliada mostrada en la Fig. 6b, mostrando la Fig. 6c una sección transversal de la soldadura a tope aplicada;

5 la Fig. 7a muestra una quinta realización de la modificación de superficie de la invención del tubo de transferencia de calor con una soldadura a tope aplicada y la superficie circundante equipada con aristas como se muestra en sección transversal en la Fig. 7b; y mostrando la Fig. 7c pasadores complementarios dispuestos en la superficie de película descendente del tubo de transferencia de calor; y

10 las Figs. 8a-c muestran una sexta realización de la modificación de superficie de la invención del tubo de transferencia de calor con una multitud de soldaduras de superficie circular cerradas aplicadas todas ortogonales al eje longitudinal del tubo.

Descripción detallada

15 A lo largo de esta descripción, una superficie de medio de calentamiento es una superficie dispuesta para calentarla mediante un medio de calentamiento, mientras que una superficie de película descendente es una superficie dispuesta para que pase sobre ella licor negro como una película descendente.

20 Las Figuras 1a y 1b ilustran esquemáticamente un evaporador de tubos para evaporar licor negro. El evaporador comprende un armazón 1 que contiene un conjunto 2 con múltiples tubos 9 de transferencia de calor dispuestos verticalmente en el armazón 1.

La Figura 1 se observa en una vista en sección transversal a través del armazón 1, con los tubos 9 de transferencia de calor expuestos. La Figura 1b también se observa en una vista en sección transversal a través del armazón 1, pero visto desde el lado izquierdo de la Figura 1a. Un líquido que concentrar, en este caso licor negro, se alimenta a través de una conexión 3 de entrada dentro del armazón 1, hacia su parte inferior, y forma un volumen de líquido con el nivel de superficie por debajo de los tubos 9. El licor se descarga desde la parte inferior del evaporador a través de una conexión 4 de salida y parte de este se bombea por medio de una bomba 5 mostrada esquemáticamente a través de un tubo circulante 6 hacia un depósito 7 de distribución por encima del conjunto 2, desde cuyo depósito fluye sustancialmente de manera uniforme en las cámaras 8 de distribución de vapor de los elementos de evaporación y desde allí sigue a lo largo de las superficies exteriores de película descendente de los tubos 9 de transferencia de calor separados hacia abajo. En el extremo inferior de los tubos 9 de transferencia de calor, el licor negro concentrado fluye a lo largo de la superficie exterior de las cámaras 10 de recogida de vapor y cae posteriormente en el licor en la parte inferior del armazón 1 y se mezcla con este.

Para proporcionar evaporación, el vapor se conduce a través de los tubos 9 de transferencia de calor y se alimenta primero a través de un canal 11 de entrada en la parte superior del conjunto 2 a las cámaras 8 de distribución de vapor conectadas a las partes superiores de los tubos 9 de transferencia de calor. Desde allí, el vapor entra primero en una cámara 12 de conexión, que se conecta a las cámaras 8 de recogida superiores de los elementos de evaporación, de manera que el vapor se distribuye a través de estos uniformemente a todos los tubos 9 de transferencia de calor. Correspondientemente, la parte restante del vapor y del condensado se recogen, después de haber pasado hacia abajo a lo largo de las superficies interiores de medio de calentamiento de los tubos 9 de transferencia de calor, en las cámaras 10 de recogida de vapor del extremo inferior de los elementos de evaporación, conectándose estas cámaras de recogida a una cámara 13 de conexión inferior. Desde la parte inferior de la cámara 13 de conexión inferior sale un canal 14 de salida para el condensado, a través de cuyo canal se descarga el condensado y, respectivamente, desde la parte superior de la cámara 13 de conexión sale un canal 15 de salida para el vapor, a través de cuyo canal se evacua el vapor de calentamiento restante. El agua evaporada del licor negro bajo la influencia del calentamiento se evacua como vapor a través de una conexión 16 de salida en el extremo superior del armazón 1 y, respectivamente, el licor concentrado se extrae de la recirculación a través de una tubería 17. Dentro del evaporador, delante de la conexión 16 de salida, hay, además, un separador 18 de vapor condensado de tal manera que el agua o las gotas de licor contenidas posiblemente en el vapor de escape queden atrapadas en el separador de vapor condensado y se conduzcan de regreso hacia abajo. El separador de vapor condensado se monta de manera que lo encierre una carcasa cerrada 19 en cada lado, de manera que todo el vapor de escape deba fluir a través del separador 18 de vapor condensado.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente un evaporador de tubos alternativo para evaporar licor negro, con la diferencia de que el licor negro fluye como una película delgada sobre una superficie interior de película descendente del tubo de transferencia de calor. A los detalles con la misma función que los mostrados en la Figura 1 y 2 se les da el mismo número de referencia. La Figura 2 se observa en una vista en sección transversal a través del armazón 1, con solo uno de los tubos 9 de transferencia de calor expuesto. En un evaporador real hay varios tubos dispuestos en paralelo, con una distancia de aproximadamente 1-4 centímetros entre los tubos 9 de transferencia de calor vecinos y con un diámetro de tubo en el intervalo de 2-10 centímetros. Un licor negro que concentrar se alimenta a través del armazón 1, hacia su parte inferior, formando un volumen de licor negro con el nivel de superficie por debajo de los tubos 9 de transferencia de calor. El licor negro se descarga desde la parte inferior del evaporador a través de una conexión 4 de salida y parte de este se bombea por medio de una bomba 5 mostrada esquemáticamente a través de un tubo

circulante 6 hacia un depósito 7 de distribución. Desde el nivel de superficie superior del depósito, el licor negro fluye sobre el borde superior del tubo y sobre la superficie interna de película descendente del tubo 9 de transferencia de calor como una película delgada y más hacia abajo. En el extremo inferior del tubo 9 de transferencia de calor, el licor negro concentrado cae en el volumen de líquido. Mientras fluye como una película delgada sobre la superficie interior de película descendente del tubo 9 de transferencia de calor, el tubo es calentado por un medio de calentamiento en la superficie exterior del medio de calentamiento del tubo 9 de transferencia de calor y, por lo tanto, la película queda expuesta a evaporación durante su paso. El medio de calentamiento se suministra a través del canal 11 de entrada, y en el extremo inferior el vapor residual se extrae a través del canal 15 de salida y el condensado de vapor limpio se drena a través del canal 14 de salida. El vapor sucio evaporado del licor negro puede descargarse a través de la conexión 16a de salida superior y la conexión 16b de salida inferior y, preferiblemente, se usan deflectores/separadores 18 de vapor condensado. El licor concentrado se extrae de la recirculación a través de una tubería 17. Cabe señalar que el medio de calentamiento también puede evaporar su vapor desde otras etapas de evaporación y, en tales casos, el condensado recogido en el canal 14 de salida no se clasifica como agua limpia, más bien como condensado sucio que contiene turpentina u otros líquidos que tiene una temperatura de condensación cercana a la establecida en la cámara del medio de calentamiento.

La invención puede usarse en ambos tipos de evaporadores de tubo, es decir, donde el licor negro fluye como una película delgada en una superficie de película descendente externa del tubo de transferencia de calor, como se muestra en las Figuras 1a y 1b, y donde el licor negro fluye como una película delgada en una superficie de película descendente interna del tubo de transferencia de calor, como se muestra en la Figura 2.

En la Figura 3a, se muestra una primera realización de un tubo 9 de transferencia de calor según la invención. En este caso, hay una soldadura de superficie continua aplicada sobre una superficie 20 de película descendente exterior del tubo 9 de transferencia de calor y que forma una multitud de aristas de soldadura separadas a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor. Debe entenderse que puede aplicarse la soldadura de superficie en lugar de en la superficie interior de un tubo de transferencia de calor, si la película delgada de licor de cocción negro fluye en dicha superficie interior. La Figura 3b muestra una parte ampliada de la Figura 3a, y la Figura 3c, una sección transversal detallada de la soldadura de superficie.

En las figuras:

- CC es el eje longitudinal del tubo 9 de transferencia de calor;
- d es la distancia entre las aristas de soldadura WR adyacentes perpendiculares a la extensión longitudinal de la soldadura que forma las aristas de soldadura WR;
- α es el ángulo de inclinación de las aristas de soldadura WR con respecto a un plano ortogonal al eje central CC del tubo 9 de transferencia de calor, en esta realización cercano a 15° ;
- La distancia entre aristas de soldadura adyacentes a lo largo del eje longitudinal de d dividida por $\cos \alpha$,
- h es la altura de dichas aristas de soldadura WR, medida ortogonalmente a la superficie 20 de película descendente, preferiblemente, en el intervalo de 0,3-5,0 mm; y
- w es el ancho de dichas aristas de soldadura WR, medido en el mismo plano que la superficie 20 de película descendente y ortogonalmente a la dirección longitudinal de las aristas de soldadura WR, preferiblemente, en el intervalo de 0,5-15 mm.

La Figura 4a muestra una segunda realización del tubo 9 de transferencia de calor según la invención, con múltiples soldaduras de superficie aplicadas para formar aristas de soldadura WR paralelas y continuas. La Figura 4b muestra una parte ampliada del tubo de transferencia de calor, en donde:

- d es la distancia entre las aristas de soldadura WR adyacentes perpendiculares a la dirección de extensión longitudinal de las soldaduras que forman las aristas de soldadura WR,
- α es el ángulo de inclinación de las aristas de soldadura WR con respecto a un plano ortogonal al eje central CC del tubo 9 de transferencia de calor, en esta realización aproximadamente 45° .
- La distancia entre aristas de soldadura adyacentes en una dirección paralela al eje longitudinal CC se calcula dividiendo d por $\cos \alpha$

La Figura 5a muestra una tercera realización del tubo 9 de transferencia de calor según la invención. Una soldadura de superficie forma una multitud de primeros tipos de aristas de soldadura WR_1 , idénticas a las aristas de soldadura WR que se muestran en la Figura 3a, y una soldadura a tope cruzada forma una multitud de segundas aristas de soldadura WR_2 sobresalientes. La Figura 5b muestra una parte ampliada del tubo 9 de transferencia de calor y la Figura 5c

muestra una sección transversal a través de una del segundo tipo de aristas de soldadura WR_2 . La altura h_2 y el ancho w_2 del segundo tipo de aristas de soldadura WR_2 son de la misma magnitud que para el primer tipo de aristas de soldadura WR_1 , mientras que el ángulo de inclinación α_2 es algo más pronunciado para el segundo tipo de aristas de soldadura WR_2 y la distancia d_2 entre el segundo tipo de aristas de soldadura WR_2 adyacentes perpendiculares a la dirección de extensión longitudinal de las soldaduras que forman las aristas de soldadura WR_2 es más larga. La distancia entre aristas de soldadura adyacentes a lo largo del eje longitudinal es d_2 dividida por $\cos \alpha_2$.

La Figura 6a muestra una cuarta realización de la modificación de superficie de la invención del tubo 9 de transferencia de calor con solamente una única soldadura a tope continua que forma una multitud de aristas de soldadura WR con una parte ampliada mostrada en la Figura 6b que describe el ángulo α de inclinación, mostrando la Figura 6c una sección transversal de la soldadura a tope. Una tira de metal que se extiende en espiral se ha soldado a tope para formar dicho tubo 9 de transferencia de calor. Por consiguiente, la distancia d entre aristas de soldadura WR adyacentes es igual al ancho de la tira metálica. Sin embargo, la distancia entre rebordes de soldadura adyacentes a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor se calcula como d dividida por $\cos \alpha$. Las aristas de soldadura WR se forman en una superficie interna de película descendente del tubo 9 de transferencia de calor.

La Figura 7a muestra una quinta realización del tubo 9 de transferencia de calor según la invención con una soldadura a tope que forma aristas de soldadura WR en una superficie 20 de película descendente. La superficie 20 de película descendente también está equipada con salientes P y una superficie 21 opuesta de medio de calentamiento está provista de ranuras G correspondientes. Los salientes P y las ranuras G se extienden ortogonalmente a dicha arista de soldadura WR en lados opuestos del tubo 9 de transferencia de calor, como se muestra en sección transversal en la Figura 7b. Las ranuras y aristas se forman, preferiblemente, con una sección transversal trapezoidal con un radio puntiagudo en las esquinas, es decir, preferiblemente, con un radio menor que 2 mm y, ventajosamente, tienen la misma altura h_p (aristas) y profundidad d_g (ranuras) y ancho w_p , w_g que la altura h y ancho w de la arista de soldadura WR.

La Figura 7c muestra una sexta realización de la invención, en donde se disponen pasadores P_i complementarios en la superficie 20 de película descendente del tubo 9 de transferencia de calor. Los pasadores pueden soldarse por fusión a tope a dicha superficie 20 de película descendente. Además o alternativamente, pueden disponerse pasadores en la superficie 21 de medio de calentamiento para aumentar el área de superficie expuesta al medio de calentamiento. Los pasadores P_i pueden disponerse en una red por medio de alambres de fijación FW delgados, fijando la distancia entre pasadores a distancia equidistante entre pasadores vecinos, antes de acoplar la red a la superficie mediante soldadura por fusión a tope. Los pasadores P_i pueden construirse de alambre enrollado en espiral.

Las Figuras 8a-c muestran una séptima realización del tubo 9 de transferencia de calor según la invención, en donde se aplica una multitud de soldaduras de superficie circulares cerradas que forman aristas de soldadura WR a la superficie 20 de película descendente externa del tubo de transferencia de calor. Todas las aristas de soldadura WR se disponen ortogonales al eje longitudinal CC del tubo 9 de transferencia de calor. Las aristas de soldadura se forman así por soldaduras que forman anillos circulares cerrados, con una multitud de anillos soldados aplicados sobre la superficie; y con

- una distancia d entre las partes de aristas de soldadura WR adyacentes perpendiculares a la dirección de extensión longitudinal de las soldaduras que forman las aristas de soldadura WR,

- una altura h , preferiblemente, en el intervalo de 0,3 a 5,0 mm; y

- un ancho w , preferiblemente, en el intervalo de 0,5-15 mm.

Por lo tanto, en este caso, la distancia entre aristas de soldadura adyacentes a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor será igual a d ya que la distancia se calcula como d dividida por $\cos \alpha$, $\alpha=0$ y $\cos \alpha=1$.

REIVINDICACIONES

1. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical para la evaporación de película descendente de licor negro, teniendo el tubo (9) de transferencia de calor:
 - una superficie (21) de medio de calentamiento dispuesta para calentarla mediante un medio de calentamiento; y
 - una superficie (20) de película descendente opuesta y orientada en dirección opuesta a dicha superficie (21) de medio de calentamiento, cuya superficie (20) de película descendente está dispuesta para que pase sobre ella licor negro que contiene lignina y otros componentes disueltos de material celulósico y/o materiales inorgánicos del material celulósico y productos químicos usados como una película descendente mientras se evapora disolvente de la película descendente y, por lo tanto, aumentar el contenido de materia seca; elaborándose dicho tubo de transferencia de calor de un material de metal de acero, p. ej., un material de acero inoxidable de aleación alta con base de hierro con un contenido de aleación superior al 16,00 % de cromo y superior al 1 % de níquel, que corresponde, preferiblemente, a cualidades de aceros resistentes a la corrosión al menos como AISI 316 o AISI 304 **caracterizado por que**

la superficie (20) de película descendente del tubo (9) de transferencia de calor está equipada con una o varias soldaduras que forman una multitud de aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) separadas a lo largo del eje longitudinal (CC) del tubo de transferencia de calor de manera que la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre aristas de soldadura adyacentes está dentro del intervalo de 0-250 mm; teniendo dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) una altura (h; h₂) en el intervalo de 0,3-5,0 mm; teniendo dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) un ancho (w; w₂) en el intervalo de 0,5-15 mm; y teniendo dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) un ángulo de inclinación (α ; α_1 α_2) con respecto a un plano ortogonal a un eje longitudinal (CC) del tubo (9) de transferencia de calor en un intervalo de 0°-70°.
2. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según la reivindicación 1, en donde la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre aristas de soldadura adyacentes está en el intervalo de 2-50 mm, preferiblemente, en el intervalo de 5-20 mm.
3. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la altura (h; h₂) de dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) están en el intervalo de 0,5-2,0 mm, con mayor preferencia, dentro del intervalo de 0,7-1,7 mm.
4. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) están inclinadas en relación a dicho plano ortogonal.
5. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según la reivindicación 4, en donde al menos dos aristas de soldadura (WR₁, WR₂) están inclinadas en relación a dicho plano ortogonal y dispuestas cruzadas entre sí.
6. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde cada arista de soldadura (WR) se extiende dentro de un plano ortogonal al eje longitudinal (CC) del tubo (9) de transferencia de calor.
7. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una arista de soldadura se aplica sobre la superficie (21) de medio de calentamiento del tubo (9) de transferencia de calor.
8. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las aristas de soldadura (WR; WR₁) se forman por una o varias soldaduras de superficie.
9. Un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie (20) de película descendente del tubo (9) de transferencia de calor está equipada con salientes (P) formados plásticamente.
10. Un tubo de transferencia de calor de película descendente vertical según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie (20) de película descendente del tubo (9) de transferencia de calor está equipada con pasadores (Pi).
11. Un evaporador de película descendente vertical para evaporar licor negro que comprende un armazón (1) que contiene un conjunto (2) con múltiples tubos (9) de transferencia de calor dispuestos

verticalmente en el almacén (1) **caracterizado por que** el evaporador de tubos comprende tubos (9) de transferencia de calor de película descendente verticales según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

- 5 12. Método para fabricar un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical para la evaporación de películas descendentes de licor negro, cuyo método comprende la etapa de ensamblar el tubo (9) de transferencia de calor que tiene:
 - una superficie (21) de medio de calentamiento dispuesta para calentarla mediante un medio de calentamiento;
 - 10 - una superficie (20) de película descendente opuesta y orientada en dirección opuesta a dicha superficie (21) de medio de calentamiento, cuya superficie (20) de película descendente está dispuesta para que pase sobre ella licor negro que contiene lignina y otros componentes disueltos de material celulósico y/o materiales inorgánicos del material celulósico y productos químicos usados como una película descendente mientras se evapora disolvente de la película descendente y, por lo tanto, aumentar el contenido de materia seca; elaborándose dicho tubo (9) de
 - 15 transferencia de calor de un material de chapa de metal, p. ej., un material de acero inoxidable de aleación alta con base de hierro con un contenido de aleación superior al 16,00 % de cromo y superior al 1 % de níquel, que corresponde, preferiblemente, a cualidades de aceros resistentes a la corrosión al menos como AISI 316 o AISI 304 **caracterizado por que** el método comprende la
 - 20 etapa de aplicar una o varias soldaduras que forman una multitud de aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) a la superficie (20) de película descendente del tubo (9) de transferencia de calor separadas a lo largo del eje longitudinal (CC) del tubo de transferencia de calor de manera que la distancia a lo largo del eje longitudinal del tubo de transferencia de calor entre aristas de soldadura adyacentes está dentro del intervalo de 0-250 mm, teniendo dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) una altura (h; h₂) en el intervalo de 0,3-5,0 mm, teniendo dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) un ancho (w; w₂) en el intervalo de 0,5-15 mm, y teniendo dichas aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) un ángulo de inclinación (α ; α_1 , α_2) con respecto a un plano ortogonal a un eje longitudinal (CC) del tubo (9) de transferencia de calor en un intervalo de 0°-70°.
 - 25
- 30 13. Método para fabricar un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según la reivindicación 12, cuyo método comprende la etapa de aplicar la una o varias soldaduras que forman las aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) en la superficie (20) de película descendente de un tubo (9) de transferencia de calor ensamblado.
- 35 14. Método para fabricar un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según la reivindicación 12, cuyo método comprende la etapa de aplicar la una o varias soldaduras que forman las aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) sobre la superficie (20) de película descendente mientras se forma una tira de acero plana en dicho tubo (9) de transferencia de calor.
- 40 15. Método para fabricar un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según la reivindicación 12, cuyo método comprende la etapa de aplicar la una o varias soldaduras que forman las aristas de soldadura (WR; WR₁, WR₂) en la superficie (20) de película descendente de una tira de acero plana antes de conformar la tira en una forma tubular y soldar los bordes de la tira de acero entre sí con una soldadura por fusión a tope.
- 45 16. Método para fabricar un tubo (9) de transferencia de calor de película descendente vertical según la reivindicación 12, cuyo método comprende la etapa de aplicar la una o varias soldaduras que forman las aristas de soldadura (WR; WR₂) en la superficie (20) de película descendente de una tira de acero mientras se conforma la tira de acero plana en una forma tubular mediante la conformación en espiral de la tira de acero plana y la soldadura de los bordes de la tira de acero entre sí con una soldadura por fusión a tope, en donde las aristas de soldadura (WR; WR₂) se forman integradas a dicha soldadura de fusión a tope.
- 50

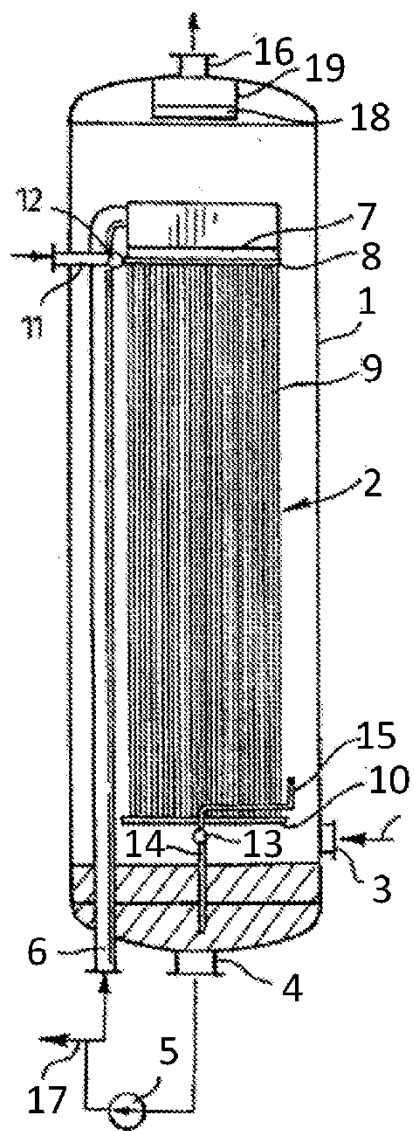


Fig. 1a

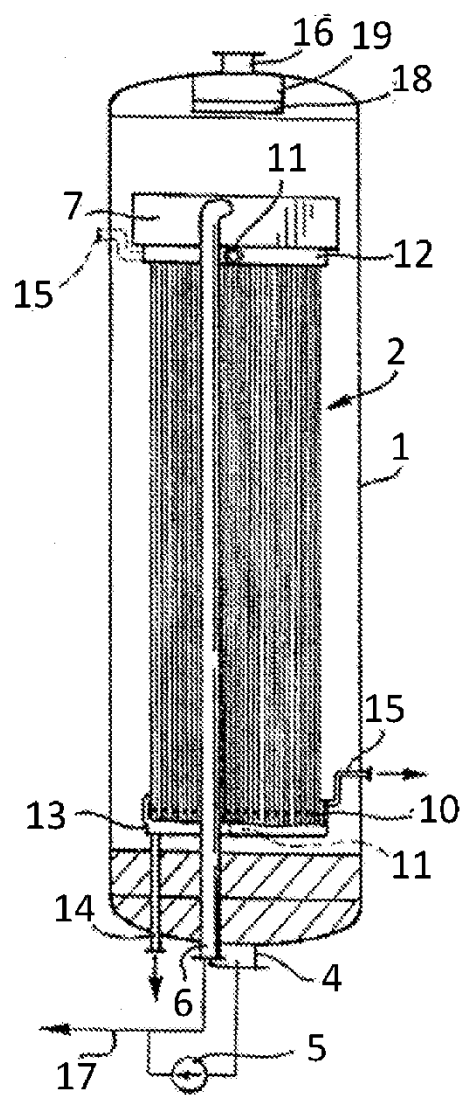


Fig. 1b

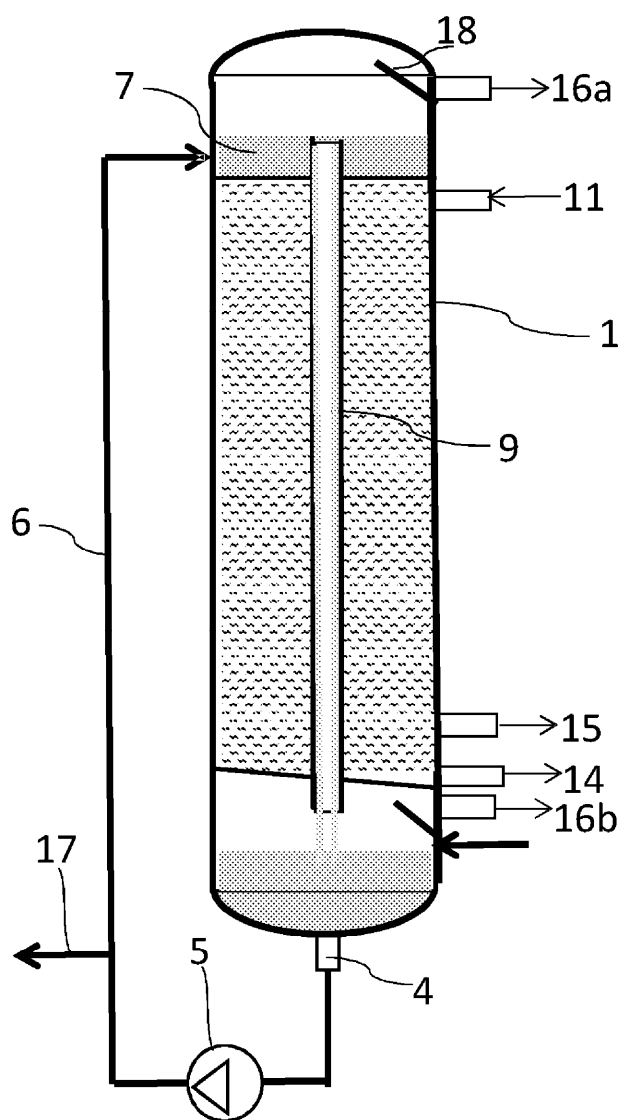
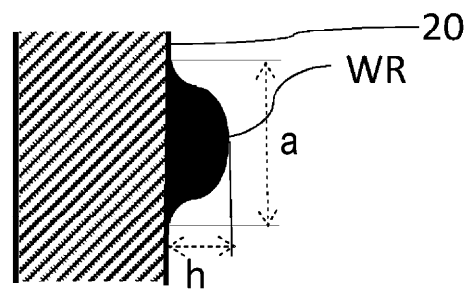
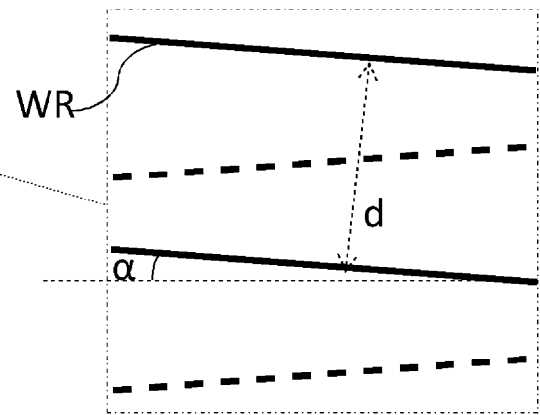
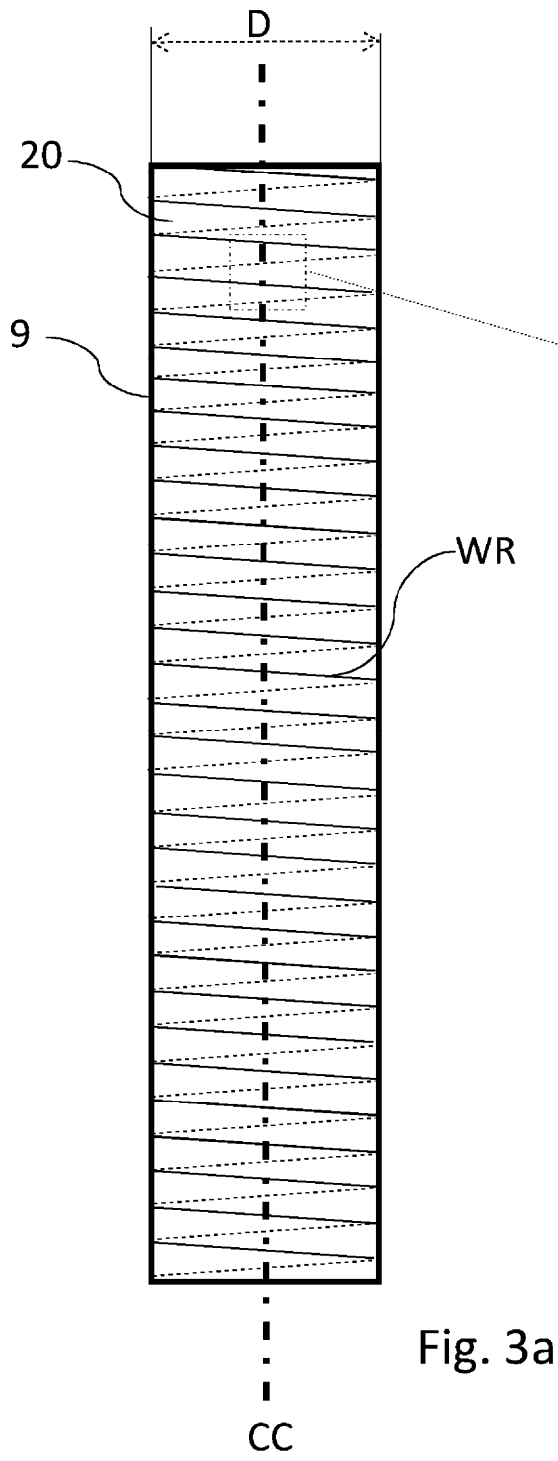


Fig. 2



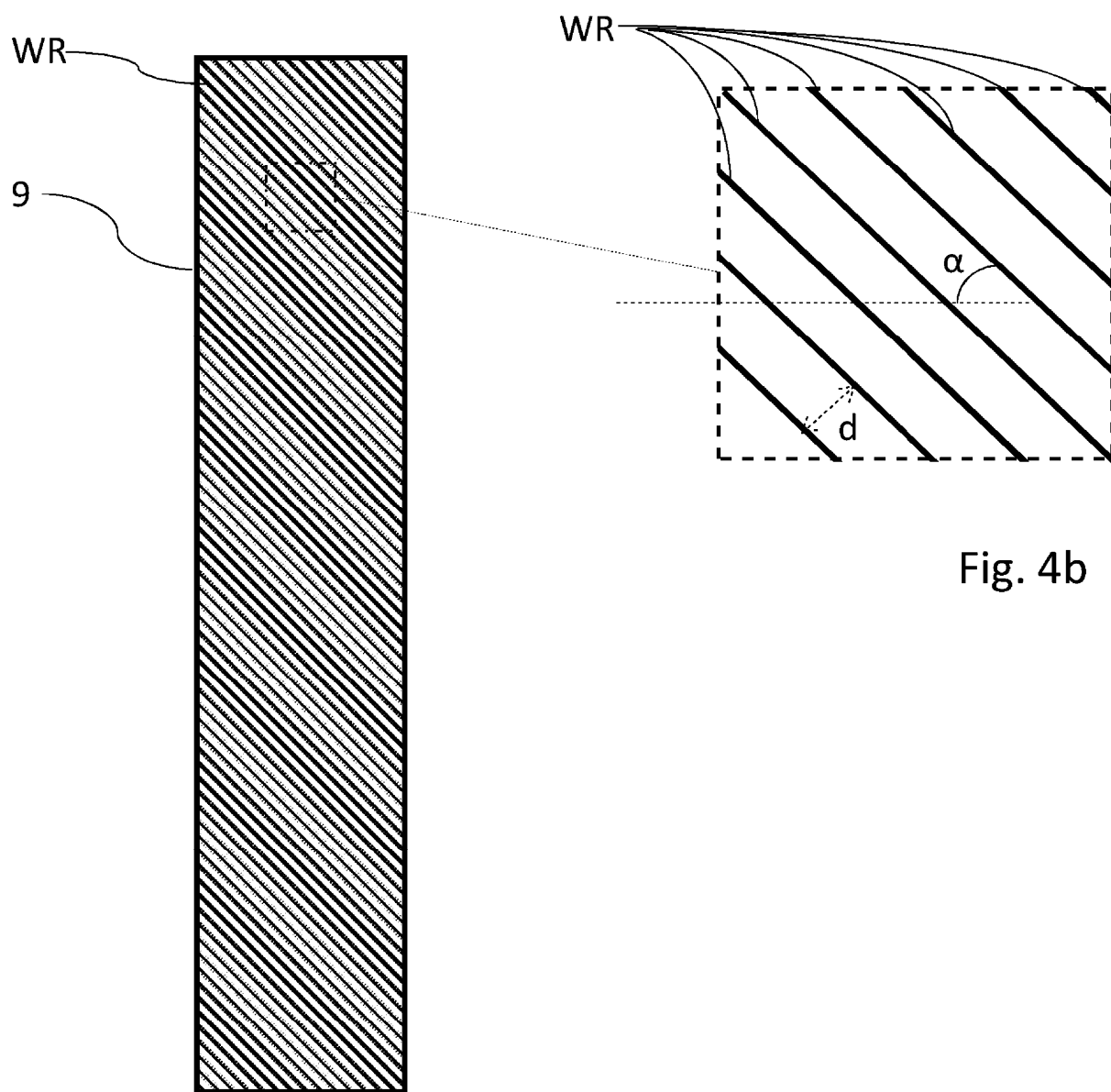


Fig. 4a

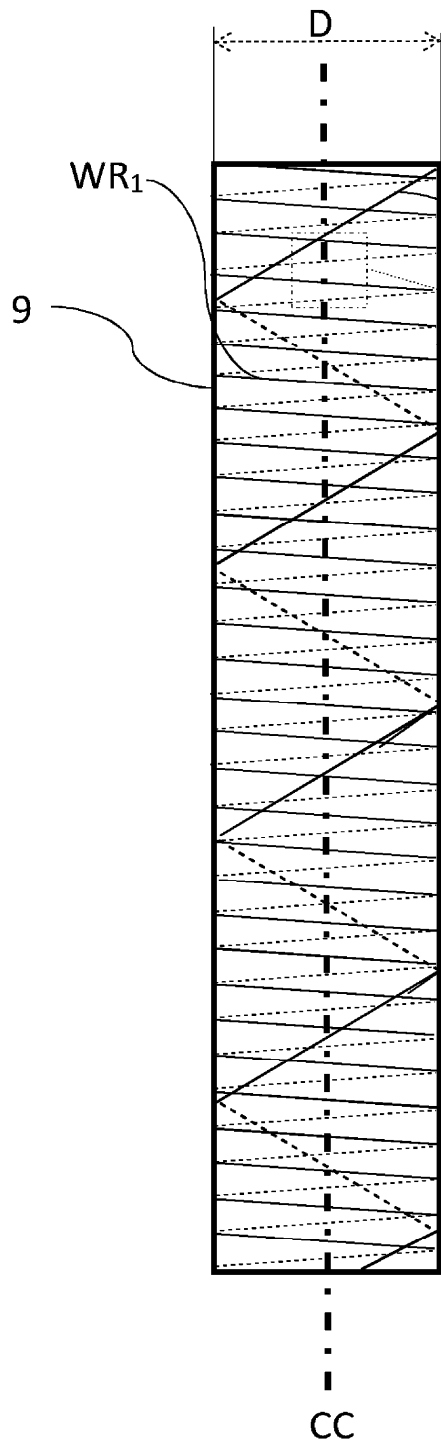


Fig. 5a

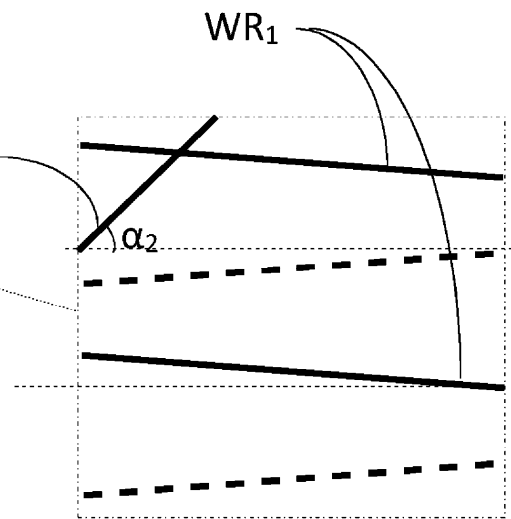


Fig. 5b

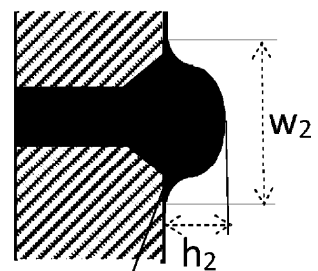


Fig. 5c

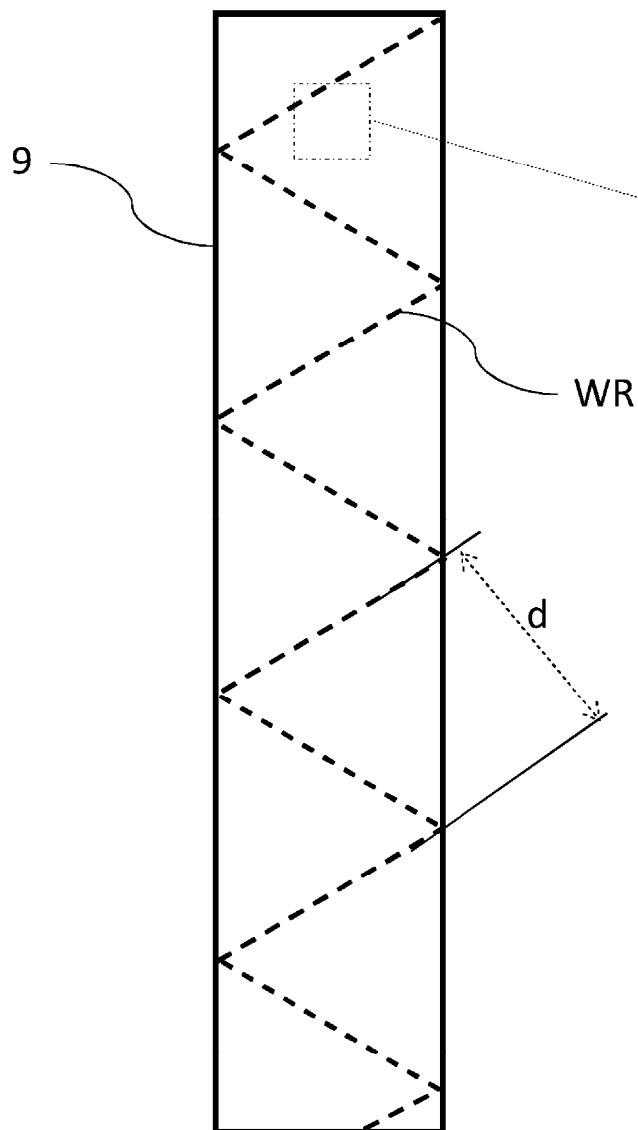


Fig. 6a

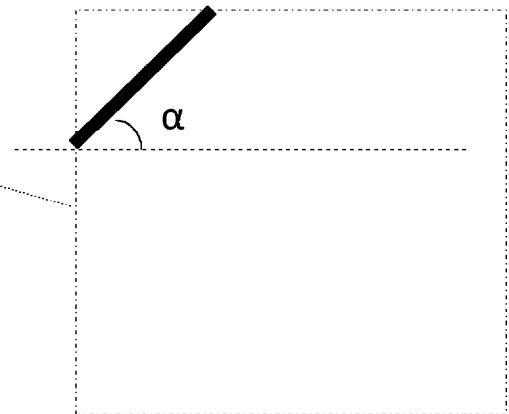


Fig. 6b

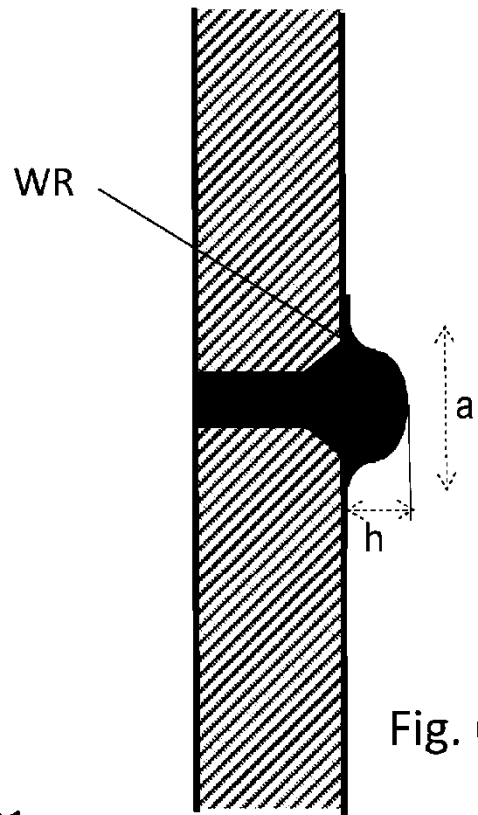


Fig. 6c

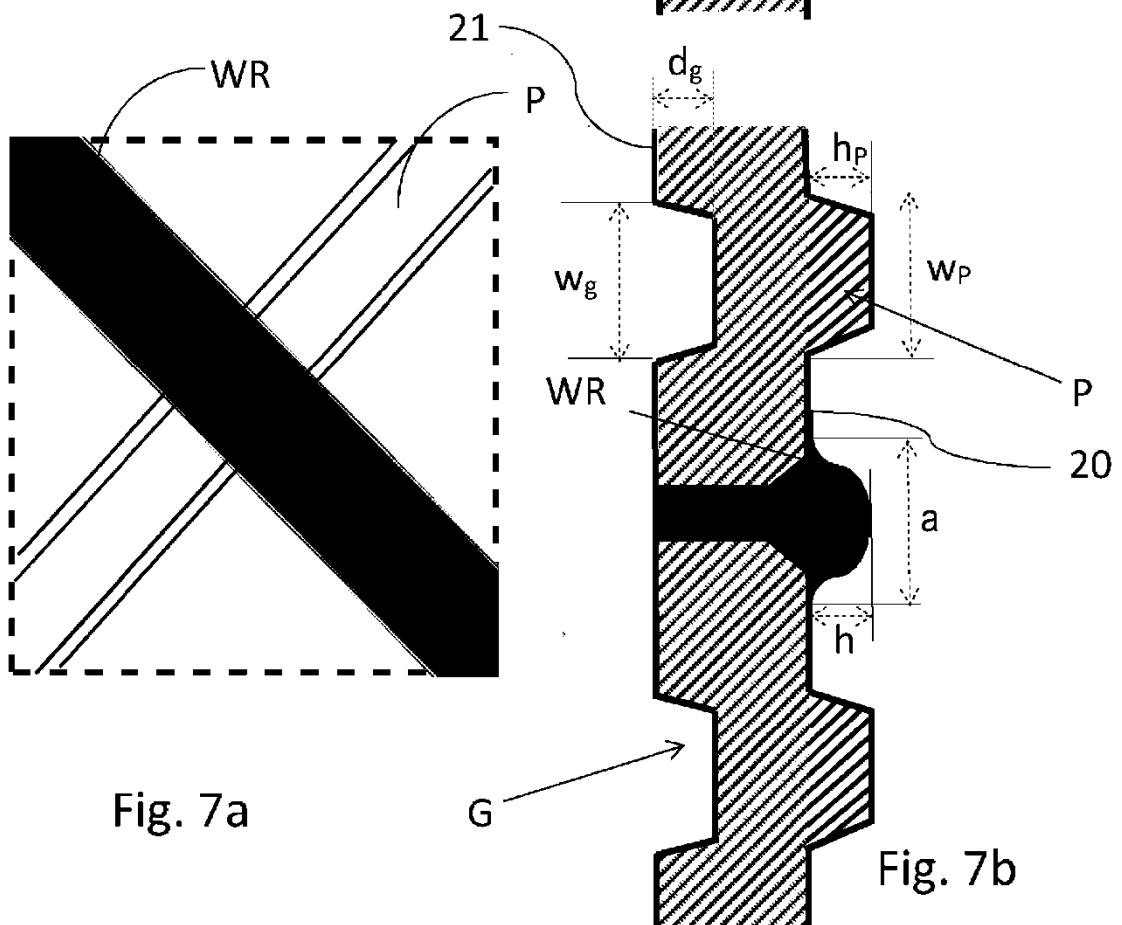


Fig. 7a

Fig. 7b

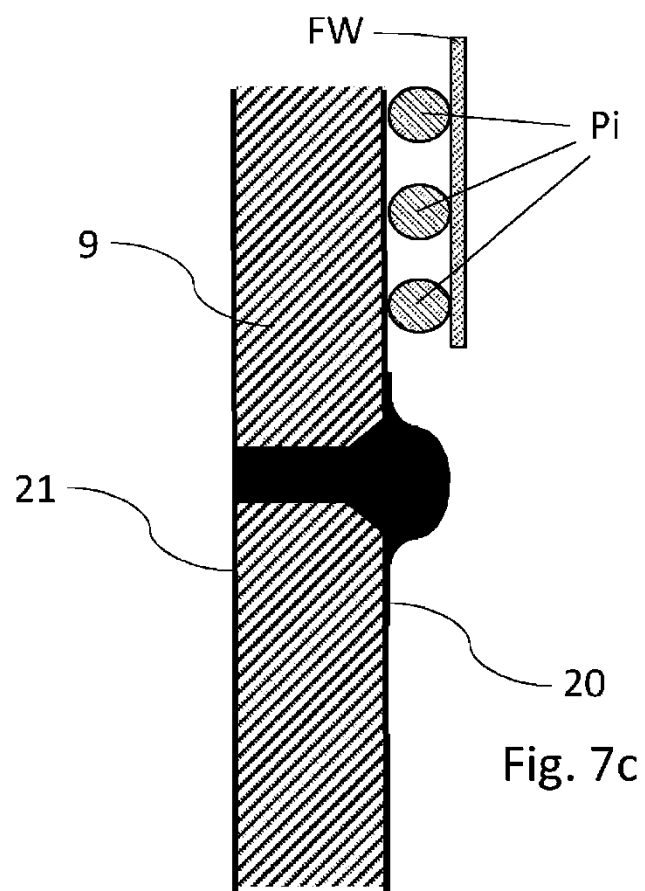


Fig. 7c

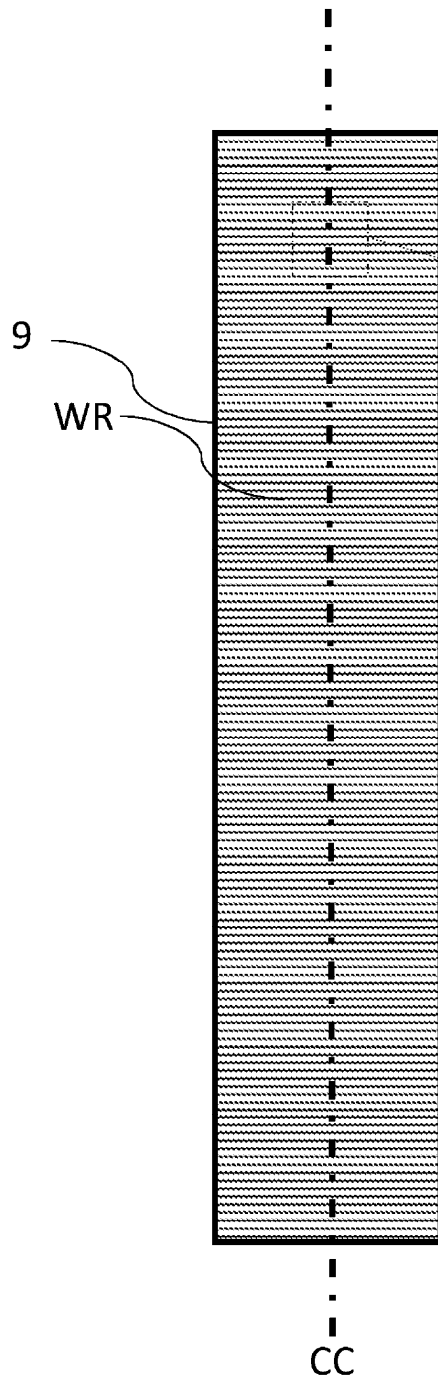


Fig. 8a

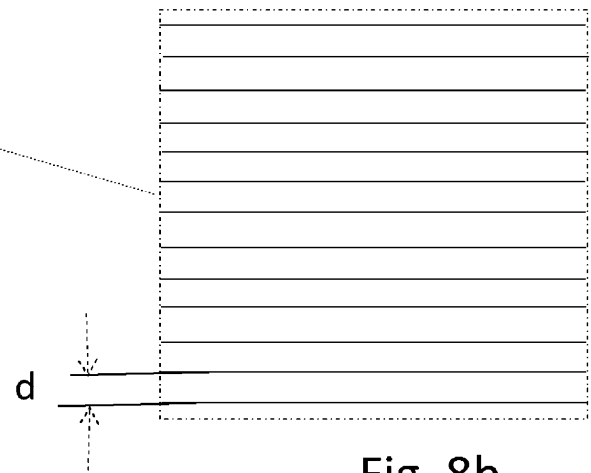


Fig. 8b

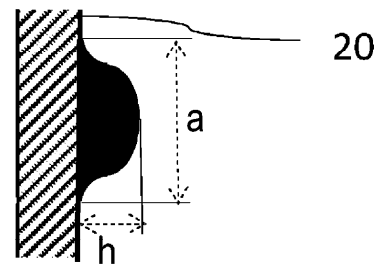


Fig. 8c