



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 270 339**

51 Int. Cl.:
F28D 7/16 (2006.01)
F28F 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Número de solicitud europea: **04703774 .2**
86 Fecha de presentación : **21.01.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1604162**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **14.12.2005**

54 Título: **Termocambiador de haz tubular.**

30 Prioridad: **17.03.2003 DE 103 11 529**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

73 Titular/es: **Tuchenhagen Dairy Systems GmbH**
Voss Strasse 11-13
31157 Sarstedt, DE

72 Inventor/es: **Pieprzak, Peter y**
Guenther, Marcus

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

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

Termocambiador de haz tubular.

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un termocambiador de haz tubular, en particular para la industria de alimentación y bebidas, con un canal exterior rodeado por una envoltura para un medio portador de calor, con una serie de tubos interiores que se extienden paralelos al eje respecto a la envoltura a través del canal exterior, que conforman conjuntamente un canal interior, apoyados en su parte final, respectivamente, en la placa portatubos, con una entrada o salida común para todos los tubos interiores conformada en una brida del cambiador en la parte del rodamiento fijo, y una salida o entrada común conformada en un soporte de conexión de la parte del rodamiento libre para un producto, y con al menos un cuerpo expulsor que ejerce una influencia sobre la corriente en la región de flujo de la placa portatubos.

15 **Estado de la técnica**

Un termocambiador de haz tubular del tipo genérico se conoce del documento DE-U-94 03 913. Un estado de la técnica más actual relativo a esto, que sin embargo, no se diferencia sustancialmente respecto al antiguo estado de la técnica, se describe en el documento corporativo "Röhrenwärmetauscher VARITUBE®", GEA, Tübingen, Liquid Processing Division, 632d-00, del año 2000.

Este tipo de termocambiadores de haz tubular como consecuencia de su geometría de sección transversal están más indicados que otros tipos de construcción de termocambiadores como, por ejemplo, los termocambiadores de placas para el tratamiento térmico de productos con viscosidades elevadas y reducidas, de productos que contienen sustancias sólidas con trozos enteros, pulpa o fibras. Del mismo modo, en este caso también se observa que en el caso de medios fibrosos, por ejemplo, zumos con pulpa de fruta, se conforman residuos en las aberturas de entrada de los tubos interiores de las placas portatubos. El tratamiento a temperaturas relativamente elevadas favorece la aglomeración de fibras y la conformación de pulpa. Éstas se acumulan preferentemente en los nervios entre los tubos interiores dispuestos de modo múltiple, y en las superficies orientadas transversalmente respecto a la dirección de la corriente de la placa portatubos, y pueden producir atascos en estos puntos (Figura 9). Los residuos temporales se desprenden de vez en cuando, y los grumos van a parar entonces, dado el caso, en el envase determinado para el consumidor final del producto correspondiente, donde son indeseados.

El problema explicado anteriormente se conoce desde hace mucho tiempo y, por ejemplo, ya ha sido propuesto liberar de residuos las placas portatubos por las que fluye la corriente de un termocambiador de haz tubular, respectivamente, con medios mecánicos. Un estado de la técnica relativo a este particular, que no se puede referenciar a un documento, prevé barrer la región en cuestión de la placa portatubos correspondiente con un cepillo rotatorio que es accionado por medio de la energía del producto que fluye. Este tipo de soluciones, sin embargo, son cuestionables desde el punto de vista higiénico y no se han podido imponer en la práctica.

En el documento EP-A-0246111 se han descrito ya dispositivos de guía que influyen en una corriente de gas cargada con cuerpos sólidos en la región de la corriente de una placa portatubos de un termocambiador de haz tubular. Para esta finalidad, cada tubo interior a través del cual fluye gas del termocambiador de haz tubular lleva un tubo de entrada extendido de modo cónico en la dirección de la corriente de gas que llega. En este caso, preferentemente, se han de dimensionar cuatro tubos de entrada contiguos en una disposición en forma de cuadrado de tal manera que se toquen recíprocamente de modo puntual y que la superficie que se conforma entre las cuatro secciones de la sección transversal circulares que se tocan esté equipada, respectivamente, con un dispositivo de guía mencionado anteriormente. El dispositivo de guía llena en este caso completamente con su sección transversal del pie la superficie, y ésta, vista partiendo desde los cuatro arcos circulares del borde de la sección transversal del pie y en la dirección de la corriente de gas que llega, se estrecha de modo cónico, respectivamente. Por medio del dispositivo de guía correspondiente en cada una de las superficies mencionadas de la matriz de tubos conformada por medio de un gran número de tubos interiores se evita que las partículas de sustancia sólida del gas que llega se acumulen entre los soportes de los tubos que se extienden cónicamente en la placa portatubos. En su lugar, por medio del dispositivo de guía correspondiente se introduce la corriente de gas, y con ella, las partículas de sustancia sólida contenidas en ella, en el siguiente tubo de entrada cónico.

Del documento DE1501484A se conoce un refrigerador de paso que está conformado como un termocambiador de haz tubular, y cuyos tubos de refrigeración presenta una sección transversal poligonal plana que se estrecha en la dirección de paso del medio que se ha de refrigerar. El medio que se ha de refrigerar, preferentemente vapores condensables, se ha de refrigerar en todos los tubos de refrigeración dispuestos uno junto al otro de modo homogéneo, y debido a ello, se ha de condensar. Para conseguir esto, en la región de los extremos de entrada de corriente de los tubos de refrigeración dispuestos uno junto a otro está prevista una cámara de distribución común en la que desemboca la tubería de alimentación para el medio que se ha de refrigerar. Entre la desembocadura de la tubería de alimentación y los extremos de entrada de corriente de los tubos de refrigeración está prevista una placa desviadora curvada de modo cóncavo hacia estos últimos, que tiene aproximadamente una forma circular y un diámetro menor que la envoltura del refrigerador de paso que rodea los tubos de refrigeración. Por medio de esta placa desviadora se consigue que el medio que se ha de refrigerar no pueda ir a parar directamente desde la tubería de alimentación en los extremos de entrada de corriente de los tubos de refrigeración que se encuentran en la prolongación de la tubería de alimentación.

El medio que se ha de refrigerar se desvía en la placa desviadora en primer lugar hacia el exterior, y va a parar a través del paso anular que está conformado entre el borde exterior de la placa desviadora y la envoltura, a la región de los extremos de entrada de corriente de los tubos de refrigeración, para a continuación ser suministrado a todos los tubos de refrigeración del modo más homogéneo posible.

El objetivo de la presente invención es mejorar un termocambiador de haz tubular del tipo genérico de tal manera que se eviten residuos formados por productos que contienen sustancias sólidas en las regiones críticas de la placa portatubos, sin tener que aceptar soluciones problemáticas desde el punto de vista higiénico, desde el punto de vista de la técnica de limpieza y desde el punto de vista de la física de fluidos.

Resumen de la invención

Este objetivo se consigue por medio de un termocambiador de haz tubular con las características de la reivindicación 1 o de la reivindicación subordinada 14. Formas de realización ventajosas del termocambiador de haz tubular son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

La disposición conforme a la invención de un cuerpo expulsor en la región de flujo de la placa portatubos mantiene a ésta, de modo verificable y persistentemente de manera no previsible, libre de residuos fibrosos y pulpa. El propio cuerpo o expulsor, en caso de que, tal y como se propone, esté conformado de modo favorable a la corriente, ocasiona sólo una pérdida de presión reducida y aceptable, su disposición es totalmente incuestionable desde el punto de vista higiénico y de la técnica de limpieza.

La eficacia de la medida propuesta se explica a partir de dos mecanismos de la dinámica de fluidos. Por un lado está la división simétrica axial de la corriente, su desvío hacia abajo y su aceleración simultánea en una disposición a modo de tobera. Las corrientes aceleradas no corren el riesgo de separación, de manera que se puede descargar un movimiento transversal sin orientación y una posición transversal de las partículas fibrosas más largas y problemáticas respecto a la dirección de corriente principal. Las partículas fibrosas, por el contrario, se han de orientar bajo la influencia de las fuerzas de la corriente en la dirección de las líneas de corriente. En la región por detrás del cuerpo expulsor, a las partículas fibrosas no les queda tiempo de orientarse de nuevo transversalmente respecto a la dirección de la corriente principal; en su mayor parte, se "enhebran" en los tubos interiores.

El segundo mecanismo de acción se ha de ver en que la corriente se desvía por detrás del cuerpo expulsor desde fuera hacia dentro, ya que la corriente también ha de fluir forzosamente a través de la región de corriente interior de la placa portatubos. Adicionalmente, el cuerpo expulsor conforma a continuación en la sección transversal del paso anular que se estrecha a modo de tobera, conjuntamente con la sección transversal de paso ampliada, una sección transversal de paso anular ampliada. En su conjunto, debido a ello, se produce un movimiento curvado, retardado. Según la invención, se origina un movimiento de corriente de este tipo, y genera una corriente secundaria que ocasiona de manera evidente un barrido de las regiones críticas (nervios) de la placa portatubos.

El desprendimiento se favorece, según una configuración ventajosa, por medio de un punto de desprendimiento del flujo que está realizado en algunas formas de realización del cuerpo expulsor en forma de un borde de desprendimiento de flujo de manera planificada y que está posicionado en una sección transversal de paso ampliada.

La función, desde el punto de vista de la física de fluidos, del cuerpo expulsor propuesto, tiene un efecto especialmente ventajoso cuando, tal y como prevé una primera forma de realización ventajosa, el punto de desprendimiento del flujo está posicionado en la posición más ajustada (mínima sección transversal del paso anular A_{Smin}) de la sección transversal del paso anular (A_S). Una segunda forma de realización referida a ello prevé posicionar el punto de desprendimiento de flujo, visto en la dirección de la corriente, por detrás del punto más estrecho (sección transversal de paso anular mínima A_{Smin}) de la sección transversal de paso anular (A_S). Por lo que se refiere al dimensionamiento de la sección transversal del paso anular mínima A_{Smin} , se ha demostrado que se consiguen los mejores resultados cuando la relación de la sección transversal de paso nominal A_0 de un arco de unión respecto a la sección transversal de paso anular mínima (A_{Smin}) está realizada con

$$1,5 \leq \frac{A_0}{A_{Smin}}, \leq 2,5, \text{ en particular con } \frac{A_0}{A_{Smin}} = 2.$$

Con estas relaciones de sección transversal se incrementa la velocidad de flujo media máxima v_{max} en la sección transversal de paso anular mínima A_{Smin} en la relación correspondiente respecto a la velocidad de flujo media v en el tubo interior o bien en el arco de unión.

Las formas de realización del cuerpo expulsor que están realizadas con un borde de desprendimiento de flujo definido están unidas fijamente según otra propuesta con la placa portatubos. Una realización de este tipo es posible siempre que se pueda acceder libremente a la placa portatubos sometida a la corriente. En caso de una nueva construcción de un termocambiador de haz tubular, éste siempre es el caso. Al reequipar grupos existentes, es posible la accesibilidad a la brida del cambiador de la parte del rodamiento libre siempre que esté realizada según el documento DE-U-9403913 o según el documento de empresa 632d-00 mencionado anteriormente.

Para reequipar la placa portatubos de la parte del rodamiento fijo con un cuerpo expulsor según la invención se propone conformar ésta como bola que esté posicionada de modo móvil en una sección transversal de paso ampliada. Materiales adecuados para esta bola son, preferentemente, plásticos como politetrafluoretileno (PTFE), sobre todo plásticos de altas prestaciones semicristalinos como, por ejemplo, polietereétercetona (PEEK), o termoplásticos amorfos, como por ejemplo polifenilsulfona. Los dos últimos mencionados son, sobre todo, suficientemente resistentes desde el punto de vista mecánico, no plantean cuestiones higiénicas, y químicamente resistentes, en particular contra materiales de limpieza.

Para garantizar una eficacia suficiente de la medida propuesta, según una propuesta de la invención, se dimensiona un diámetro exterior del cuerpo expulsor de tal manera que una sección transversal del diámetro conformada por medio de un diámetro del tubo interior correspondiente de los tubos interiores situados en el borde exterior de la placa portatubos está cubierta aproximadamente en su mitad por medio de una superficie de flujo del cuerpo expulsor proyectada en la dirección de la placa portatubos.

Para que las diferentes formas de realización del cuerpo expulsor unidas fijamente con la placa portatubos se puedan fijar allí de un modo adecuado desde el punto de vista de la técnica de fluidos, adicionalmente se prevé que en el centro de la envoltura, independientemente del número de los tubos interiores, no esté dispuesto ningún tubo interior.

Los requisitos que se le exigen al cuerpo expulsor conforme a la invención no residen sólo en el hecho de que éste ejerza una influencia especialmente efectiva sobre la región de corriente de la placa portatubos, sino que éste también se ha de equipar de tal manera que ocasione pérdidas de presión lo más reducidas posibles, y no se convierta él mismo en un problema para los residuos. Una forma de realización ventajosa prevé que el cuerpo expulsor esté conformado por una parte delantera con simetría axial y por una parte trasera con simetría axial que conformen en su sección transversal de unión el mayor diámetro exterior $d_{\max}$ común en forma de un borde de desprendimiento de flujo definido. En este caso, éste se diseña, de modo adecuado, por lo que se refiere a su dimensionamiento longitudinal axial, de tal manera que una segunda longitud l_2 axial de la parte trasera, en comparación con una primera longitud l_1 axial de la parte delantera, está realizada con $l_2 \leq 0,5 l_1$.

En este contexto representa una ventaja el hecho de que la parte trasera esté bordeada por medio de un contorno exterior convexo con un segundo radio de curvatura. Para la fijación del cuerpo expulsor a la placa portatubos sirve una varilla dispuesta en la parte trasera con una tercera longitud axial, y un diámetro de la varilla claramente reducido respecto al diámetro exterior del cuerpo expulsor, que presenta un redondeo respecto al segundo radio de curvatura R_2 con un redondeado de la varilla r_4 , y por medio de la que se puede realizar una unión por material, una unión por arrastre de forma y/o una unión no positiva. La varilla se realiza preferentemente de modo cilíndrico, y en una forma de realización preferida, se suelda con el centro de la placa portatubos libre de un tubo interior.

Por lo que se refiere a la configuración geométrica concreta de la parte delantera del cuerpo expulsor conforme a la invención unido fijamente con la placa portatubos, se proponen tres formas de realización que tienen aproximadamente el mismo valor por lo que se refiere a su eficacia relativa a evitar residuos en la placa portatubos. Sin embargo, se diferencian por lo que se refiere a su tendencia, en el punto más expuesto, en concreto la superficie de flujo más delantera, a convertirse ellas mismas en un lugar para residuos.

Los mejores resultados, es decir, una ausencia completa de residuos en la superficie del cuerpo expulsor, incluso después de un tiempo de operación prolongado, se consiguen inesperadamente con la primera forma de realización del cuerpo expulsor según la invención, cuya parte delantera está conformada convexamente de modo fungiforme, estando unidos dos primeros radios de curvatura en el extremo delantero con un primer redondeo de la punta.

Una segunda forma de realización del cuerpo expulsor, cuya parte delantera está realizada como un cono circular recto con un segundo redondeo de la punta, muestra pequeñas apariciones de residuos en la región de la punta del cono, en la que, de modo determinado por la geometría, sólo se pueden conformar pequeñas cantidades de residuos, que posteriormente se desprendan de vez en cuanto, y al producirse el flujo alrededor del cuerpo expulsor se separen con una probabilidad elevada.

Con los resultados de la segunda forma de realización se pueden comparar los resultados de una tercera forma de realización del cuerpo expulsor cuya parte delantera está conformada de modo cónico y con una superficie lateral curvada cóncavamente, estando unidos dos terceros radios de curvatura en el extremo delantero con un tercer redondeo de la punta.

60 Breve descripción de los dibujos

Los ejemplos de realización del termocambiador de haz tubular conforme a la invención están representados en el dibujo y se describen a continuación. Se muestra

Figura 1 una sección intermedia a través de un denominado haz tubular como parte modular de uno de los termocambiadores de haz tubular descritos en los documentos mencionados al comienzo, dado el caso formado por un gran número de este tipo de haces tubulares, en cuyas placas portatubos se emplean las características conformes a la invención;

ES 2 270 339 T3

Figura 2 una sección intermedia a través del haz tubular según la Figura 1 en la región de la placa portatubos de la parte del rodamiento fijo, en la que en la región de la corriente de esta placa portatubos está dispuesta una primera forma de realización favorita de un cuerpo expulsor unida fijamente a ésta que se caracteriza por medio de una parte delantera curvada convexamente en forma fungiforme;

Figura 3 igualmente, una sección intermedia a través del haz tubular según la Figura 1 en la región de la placa portatubos de la parte del rodamiento fijo, en la que en la región de corriente de esta placa portatubos está dispuesta una segunda forma de realización favorita de un cuerpo expulsor unida fijamente a ésta cuya parte delantera está realizada como cono circular recto con un redondeo de la punta;

Figura 4 igualmente, una sección intermedia a través del haz tubular según la Figura 1 en la región de la placa portatubos de la parte del rodamiento fijo, en la que en la región de la corriente de esta placa portatubos está dispuesta una tercera forma de realización favorita de un cuerpo expulsor unida fijamente a ésta cuya parte delantera está conformada de modo cónico y con una superficie lateral curvada de modo cóncavo.

Figura 5 una sección intermedia a través del haz tubular según la Figura 1 en la región de la placa portatubos de la parte del rodamiento libre, en la que en la región de la corriente de esta placa portatubos está dispuesta una cuarta forma de realización de un cuerpo expulsor, en concreto una bola, que está posicionada de modo que se puede mover libremente en la sección transversal ampliada del diámetro,

Figura 6,

Figura 7,

Figura 8 el cuerpo expulsor según las Figuras 2, 3 y 4 en su posición de montaje correspondiente, representándose, respectivamente, particularidades geométricas, y

Figura 9 una vista de una placa portatubos según el estado de la técnica vista desde su parte de la corriente, en la que están marcadas las regiones preferidas en las que se constatan residuos de fibras y pulpa.

Lista de símbolos de referencia de las abreviaturas usadas

1	termocambiador de haz tubular
1.1, 1.2, ..., 1.i, ..., 1.n	haz tubular
1.i	haz tubular i-ésimo
1i+1	el haz tubular conectado a continuación del haz tubular 1.i
1.i-1	el haz tubular conectado antes del haz tubular 1.i
2	envoltura
2*	canal exterior
2a	brida de la envoltura de la parte del rodamiento fijo
2b	brida de la envoltura de la parte del rodamiento libre
3	tubo interior
3*	canal interior
4.1	primera carcasa
4a	primer soporte de conexión
4a*	primer canal transversal
4.2	segunda carcasa
4b	segundo soporte de conexión
4b*	segundo canal transversal
5	brida del cambiador de la parte del rodamiento fijo
5a	primera abertura de conexión
5b	primera transición cónica
5c	primera sección transversal de paso ampliada
6	brida del cambiador de la parte del rodamiento libre
7	placa portatubos de la parte del rodamiento fijo (placa de espejo de tubo)
8	placa portatubos de la parte del rodamiento libre (placa de espejo de tubo)
8a	segunda abertura de conexión
8b	segunda transición cónica
8c	segunda sección transversal de paso ampliada

ES 2 270 339 T3

	8d	soporte de conexión de la parte del rodamiento libre
	9	obturación plana
	10	junta tórica
5	11	arco de unión
	12	cuerpo expulsor
	12a	parte delantera
	12b	parte trasera
	12c	varilla
10	12d	punto de desprendimiento de flujo
	I = 1 a 3	formas de realización
	12.ia	parte delantera del cuerpo expulsor 12.i
	12.ib	parte trasera del cuerpo expulsor 12.i
15	12.ic	varilla del cuerpo expulsor 12.i
	12.id	borde de desprendimiento de flujo definido del cuerpo expulsor 12.i
	12.1	primer cuerpo expulsor
	12.2	segundo cuerpo expulsor
20	12.3	tercer cuerpo expulsor
	12.4	bola
	12.4d	punto de desprendimiento de flujo no definido
	a _{max}	superficie de flujo proyectada del cuerpo expulsor
25	c	velocidad de la corriente en la envoltura
	d _{max}	diámetro exterior del cuerpo expulsor
	d ₃	diámetro de la varilla
	I ₁	primera longitud axial de la parte delantera del cuerpo expulsor
30	I ₂	segunda longitud axial de la parte trasera del cuerpo expulsor
	I ₃	tercera longitud axial de la varilla del cuerpo expulsor
	r ₁	primer redondeo de la punta
	r ₂	segundo redondeo de la punta
35	r ₃	tercer redondeo de la punta
	r ₄	redondeo de la varilla
	v	velocidad de corriente media en el tubo interior
	v _{max}	velocidad de corriente media máxima en la sección transversal de paso anular mínima A _{Smin}
40	A	salida
	A ₀	sección transversal de paso nominal del arco de unión
	A _S	sección transversal de paso anular
	A _{SE}	sección transversal de paso anular ampliada
45	A _{Smin}	sección transversal de paso anular mínima (punto más estrecho de la sección transversal de paso anular A _s)
	D _i	diámetro interior del tubo
	DN	diámetro nominal del arco de unión ($A_0 = DN^2 p/r$)
50	D ₅	diámetro máximo del primer paso aumentado de sección transversal 5c en la brida del cambiador 5 de la parte del rodamiento fijo
	D ₇	diámetro exterior sometido a la corriente de la placa portatubos 7 de la parte del rodamiento fijo ($D_7 = D_5$)
	D ₈	diámetro máximo de la segunda sección transversal de paso ampliada 8c en el soporte de conexión 8d de la parte del rodamiento libre
55	E	entrada
	F	fibras depositadas, pulpa
	P	producto (parte tratada con temperatura)
	R ₁	primer radio de curvatura de la parte delantera del cuerpo expulsor
60	R ₂	segundo radio de curvatura de la parte delantera del cuerpo expulsor
	R ₃	tercer radio de curvatura de la parte delantera del cuerpo expulsor
	S	nervio
	W	medio portador del calor
65	θ _A	temperatura de salida del medio portador de calor
	θ _E	temperatura de entrada del producto
	Δθ = θ _A - θ _E	diferencia de temperatura en la entrada del producto.

Descripción detallada

Un termocambiador de haz tubular 1 compuesto por regla general por un gran número de haces tubulares 1.1 a 1.n (Figura 1, ver también el documento DE-U-9403913) consta en su parte central de una envoltura 2 que limita un canal exterior 2* con una brida de la envoltura 2a en la parte del rodamiento fijo dispuesta en la parte izquierda, referida a la posición de la representación, y una brida de la envoltura 2b en la parte del rodamiento libre dispuesta en la parte derecha. A esta última se conecta un primer canal transversal 4a* limitado por una primera carcasa 4.1 con un primer soporte de conexión 4a, y a la brida de la envoltura 2a de la parte del rodamiento fijo se conecta un segundo canal transversal 4b* limitado por una segunda carcasa 4.2 con un segundo soporte de conexión 4b. Un número de tubos interiores 3 que se extienden paralelos al eje respecto a la envoltura 2 a través del canal exterior 2*, que conforman conjuntamente un canal interior 3*, comenzando con cuatro, y aumentando después también hasta diecinueve, y dado el caso, incluso más, están apoyados en la parte del extremo, respectivamente, en una placa portatubos 7 en la parte del rodamiento fijo, o bien en una placa portatubos 8 en la parte del rodamiento libre (ambas designadas también como placas de espejo de tubo), y están soldados en su diámetro exterior del tubo en éstas, estando introducida esta disposición en su conjunto a través de una abertura no designada con más detalle de la segunda carcasa 4.2 en la envoltura 2 y estando sujeta por medio de una brida del cambiador 5 en la parte del rodamiento fijo con la segunda carcasa 4.2 disponiendo entre medio, respectivamente, una obturación plana 9 (rodamientos fijos 5, 7, 4.2).

Las dos carcasas 4.1, 4.2 están obturadas respecto a la brida de la envoltura 2b, 2a contigua, respectivamente, asimismo, con una obturación plana 9, presionándose la primera carcasa 4.1 dispuesta en la parte derecha conjuntamente con la envoltura 2 por medio de una brida del cambiador 6 de la parte del rodamiento libre disponiendo entre medio una junta tórica 10 contra el rodamiento fijo 5, 7, 4.2 dispuesto en la parte izquierda. La placa portatubos 8 de la parte del rodamiento libre pasa a través de un taladro no designado con más detalle a través de la brida del cambiador 6 de la parte del rodamiento libre, y encuentra respecto a esta última su obturación por medio de la junta tórica 10 solicitado dinámicamente, que adicionalmente obtura la primera carcasa 4.1 de modo estático frente a la brida del cambiador 6 de la parte del rodamiento libre. Esta última y la placa portatubos 8 de la parte del rodamiento libre 8 conforman un denominado rodamiento libre 6, 8 que permite las variaciones longitudinales de los tubos interiores 3 soldados en la placa portatubos 8 de la parte del rodamiento libre como consecuencia de variaciones de la temperatura en las dos direcciones axiales.

Dependiendo de la disposición del haz tubular correspondiente 1.1 a 1.n en el termocambiador de haz tubular 1 y de su conexión respectiva, los tubos interiores 3, referidos a la posición de representación, se pueden someter a la corriente de un producto P o bien de izquierda a derecha o a la inversa, caracterizándose la velocidad media de la corriente en el tubo interior 3, y con ello en el canal interior 2* con v. El diseño de la sección transversal se realiza, por regla general, de tal manera que la velocidad media de la corriente v también se da en un arco de unión 11, que por una parte está unido con la brida del cambiador 5 de la parte del rodamiento fijo, y por otra parte está unido indirectamente con un soporte de conexión 8d de la parte del soporte libre unido fijamente con la placa portatubos 8 de la parte del rodamiento libre. El haz tubular en cuestión 1.i se conecta en serie con los dos arcos de unión 11 con el haz tubular contiguo 1.i+1 por un lado, y 1.i-1 por otro lado. Debido a ello, la brida del cambiador 5 de la parte del rodamiento fijo conforma de una vez una entrada E para el producto P, y el soporte de conexión de la parte del rodamiento libre 8d acomoda una salida A correspondiente; en el caso de los haces tubulares contiguos 1.i+1 y 1.i-1, estas relaciones de entrada y salida se invierten de modo correspondiente.

La brida del cambiador 5 de la parte del rodamiento fijo presenta una primera abertura de conexión 5a, que por un lado se corresponde con un diámetro nominal DN, y con ello con una sección transversal del diámetro nominal A_0 del arco de unión 11 conectado allí, y que por otro lado está dimensionada de tal manera que allí se da la velocidad de que corriente que se corresponde con la velocidad de corriente media v en el tubo interior 3 o bien en el canal interior 3*. Del mismo modo está dimensionada también una segunda abertura de conexión 8a en el soporte de conexión 8d de la parte del rodamiento libre, extendiéndose la abertura de conexión 5a u 8a correspondiente a una sección transversal del diámetro 5c u 8c ampliada correspondiente en la región que va hacia la placa portatubos 7 u 8 contigua por medio de una transición 5b u 8b cónica.

Dependiendo de la dirección de la velocidad de corriente v en el tubo interior 3 o bien en el canal interior 3*, el producto P que se ha de tratar fluye o bien a través de la primera abertura de conexión 5a o a través de la segunda abertura de conexión 8a hacia el haz tubular 1.1 a 1.n, de manera que o bien la placa portatubos 7 de la parte del rodamiento fijo o la placa portatubos 8 de la parte del rodamiento libre es sometida a la corriente. Puesto que en cada caso se ha de producir un intercambio de calor a contracorriente entre el producto P en los tubos interiores 3 o bien en los canales interiores 3* y un medio portador de calor W en la envoltura 2 o bien en los canales exteriores 2*, este medio portador de calor W fluye o bien hacia el primer soporte de conexión 4a, o bien, sin embargo, hacia el segundo soporte de conexión 4b, con una velocidad de corriente c. Para el caso de que el producto P fluya hacia el haz tubular 1 a través de la primera abertura de conexión 5a, entonces se daría aquí la temperatura de entrada del producto ϑ_E . Del mismo modo, el medio portador de calor W abandonaría la envoltura 2 o bien los canales exteriores 2* a contracorriente por medio del segundo soporte de conexión 4b con una temperatura de salida del medio portador de calor ϑ_A . La diferencia de temperatura existente en la región del segundo soporte de conexión 4b a la entrada del producto $\Delta\vartheta = \vartheta_E - \vartheta_A$ representa en la práctica un indicador fiable para la calidad del intercambio de calor en los haces tubulares 1.1 a 1.n.

En los termocambiadores de haz tubular según el estado de la técnica se encuentran residuos de fibras y pulpa F, sobre todo, en las placas portatubos 7,8 sometidas a corriente, respectivamente, en la región de los nervios S (Figura 9) entre tubos interiores 3 contiguos con su diámetro interior del tubo D_1 sometido a la corriente. La representación muestra toda la región sometida a la corriente de las dos placas portatubos 7, 8 con un diámetro D_7 exterior sometido a la corriente que también se corresponde con un mayor diámetro D_5 de la segunda sección transversal de paso 5c ampliada en la brida del intercambiador 5 de la parte del rodamiento fijo (véase Figura 2), o bien con un mayor diámetro D_8 de la segunda sección transversal de paso ampliada 8c en el soporte de conexión 8d de la parte del rodamiento libre (ver Figura 5).

Un cuerpo expulsor 12 (Figura 2 y Figura 6) que en una primera forma de realización 12.1 preferida está conformado en una parte 12a ó 12.1a delantera con simetría axial en forma fungiforme está unido por medio de una varilla 12c ó 12.1c dispuesta en la parte 12b ó 12.1b trasera con simetría axial de modo concéntrico con el centro de la placa portatubos 7 de la parte del rodamiento fijo con una unión de material. La parte delantera y la parte trasera 12.a y 12.1a ó 12b y 12.1b conforman en su sección transversal de unión un diámetro exterior $d_{\max}$ común mayor en forma de un punto de desprendimiento de flujo 12d ó 12.1d definido (Fig. 6).

El cuerpo expulsor 12 ó 12.1 está dispuesto en la región de corriente de la placa portatubos 7 de la parte del rodamiento fijo que está limitada por fuera por la primera sección transversal ampliada del diámetro 5c, y separa el producto P que fluye a través del arco de unión 11 con la velocidad de flujo media v hacia el canal interior 3* con simetría axial a lo largo de todo el contorno, y lo desvía hacia el exterior. En este caso, la corriente se acelera en una sección transversal del paso anular A_s estrechada a modo de tobera entre el cuerpo expulsor 12 ó 12.1 y un contorno interior de la brida del cambiador de la parte del rodamiento fijo 5, y alcanza en su punto más estrecho, una sección transversal mínima del paso anular $A_{s\min}$, una velocidad de corriente media máxima $v_{\max}$. El punto de desprendimiento de flujo (en este caso borde de desprendimiento de flujo) 12d ó 12.1d está posicionado en este caso, visto en la dirección de la corriente, por detrás de la posición de la sección transversal mínima del paso anular $A_{s\min}$.

El diámetro exterior $d_{\max}$ del cuerpo expulsor 12 ó 12.1 está dimensionado de tal manera que una sección transversal de paso conformada por medio de un diámetro interior del tubo D_1 de los tubos interiores 3 dispuestos, respectivamente, en el borde exterior de la placa portatubos 7 está cubierta aproximadamente a la mitad por medio de una superficie de flujo $a_{\max}$ del cuerpo expulsor 12 ó 12.1 proyectada en la dirección de la placa portatubos 7. En el presente caso se trata de un denominado haz cuádruple de tubos interiores 3, tal y como está representado de modo más claro en la Figura 9. Para poner de manifiesto la superficie de flujo $a_{\max}$ proyectada del cuerpo expulsor 12 se hace referencia a la Figura 3. En el caso de haces tubulares con más de cuatro tubos interiores 3 es válida de modo ilimitado la presente especificación de dimensionamiento por lo que se refiere a la región cubierta; se refiere, correspondientemente, a los tubos interiores 3 colocados en el borde exterior de la placa portatubos 7 que conforman una corona de tubos.

A partir de las presentes realizaciones se pone de manifiesto que la corriente por detrás del cuerpo expulsor 12 ó 12.1 se desvía hacia el centro de la placa portatubos 7, gracias a lo cual se consigue que pase una corriente lo más uniforme posible por todos los tubos interiores 3 o canales interiores 3*. Adicionalmente, por detrás de la sección transversal de paso anular $A_{s\min}$ se amplía la sección transversal de paso para la corriente. La corriente curvada y retardada de este modo se ha de desprender forzosamente en esta región. Por medio del punto de desprendimiento del flujo 12d ó 12.1d se lleva a cabo el desprendimiento planificado en una posición definida claramente; en otro caso, el flujo se desprendería dependiendo de la turbulencia correspondiente, en primer lugar, en la región de la parte trasera 12b ó 12.1b, y en particular en una posición no previsible. El movimiento de corriente indicado por detrás del cuerpo expulsor 12 ó 12.1 lleva allí, según las leyes de la mecánica de fluidos, a una corriente secundaria, en la que se basa, en parte, el efecto deseado, en particular la prevención de residuos en la placa portatubos 7, 8 sometida a la corriente.

Por otro lado, el efecto positivo del cuerpo expulsor 12 ó 12.1 se basa en la aceleración de la corriente en la sección transversal del paso anular A_s , ya que debido a ello, evidentemente, se realiza una orientación de las fibras y de la pulpa F en la dirección de las líneas de corriente, y con ello, se facilita un “enhebrado” de estas partes constituyentes del producto en el diámetro interior del tubo D_1 de los tubos interiores 3.

Las Figuras 6 a 8 aclaran que tanto en el caso del primer cuerpo expulsor 12.1 como en las otras formas de realización propuestas, un segundo cuerpo expulsor 12.2 (Figura 7) y un tercer cuerpo expulsor 12.3 (Figura 8), la parte trasera 12.2b ó 12.3b, conjuntamente con la varilla 12.2c ó 12.3c respectiva están realizadas de modo congruente respecto a la parte trasera 12.1b con la varilla 12.1c del primer cuerpo expulsor 12.1. En este caso, una segunda longitud l_2 axial de la parte trasera 12.1b, 12.2b, 12.3b, en comparación con una primera longitud l_1 axial de la parte delantera 12.1a, 12.2a, 12.3a está realizada más pequeña, preferentemente con $l_2 \leq 0,5 l_1$ (Fig. 6). Además se pone de manifiesto que la parte trasera 12.1b, 12.2b, 12.3b está rodeada por medio de un contorno exterior convexo con un segundo radio de curvatura R_2 . La parte trasera 12.1b, 12.2b, 12.3b posee una varilla 12.1c, 12.2c, 12.3c con una tercera longitud l_3 axial, y un diámetro de la varilla d_3 claramente reducido respecto al diámetro exterior $d_{\max}$ del cuerpo expulsor 12.1 a 12.3, que está provista hacia el segundo radio de curvatura R_2 con un redondeado de la varilla r_4 , y por medio de la que tiene lugar una unión por arrastre de material, de forma y/o de fuerza con la placa portatubos 7, 8. Por lo que se refiere a la unión por unión de material se considera en primer lugar la soldadura. Una alternativa a ello viene representada por un atornillado del cuerpo expulsor 12 con la placa portatubos 7, 8. En este caso, la varilla 12c se provee con una rosca exterior, y se atornilla en un agujero ciego roscado dentro de la placa portatubos 7, 8. Por razones higiénicas, en este caso se ha de obtener una parte que sobresale de la placa portatubos 7, 8 de la varilla 12c respecto a ésta por medio de una obturación, preferentemente una junta tórica.

La parte delantera 12.1a, 12.2a, 12.3a correspondiente de los tres cuerpos expulsos 12.1, 12.2, 12.3 está conformada de un modo significativamente diferente (Figuras 6 a 8). Mientras que el primer cuerpo expulsor 12.1 está curvado en su superficie de flujo de modo convexo en forma de seta, estando unidos dos primeros radios de curvatura R_1 en el extremo delantero con un primer redondeo de la punta r_1 (Figura 6), el segundo cuerpo expulsor 12.2 posee en su parte delantera 12.2a la forma de un cono circular con un segundo redondeo de la punta r_2 (Figura 7). En el caso del tercer cuerpo expulsor 12.3, su parte delantera 12.3a está conformada de modo cónico y con una superficie lateral curvada de modo cóncavo, estando unidos dos terceros radios de curvatura R_3 en el extremo delantero con un tercer redondeo de la punta r_3 (Figura 8).

Las Figuras 3 y 4 muestran el segundo cuerpo expulsor 12.2 o bien el tercer cuerpo expulsor 12.3 en su campo circundante de corriente indicado correspondiente. Las realizaciones relacionadas con el primer cuerpo expulsor 12.1 conjuntamente con la Figura 2 son válidas de modo conforme al sentido.

En el caso de los termocambiadores de haz tubular ya realizados y que se encuentran en funcionamiento, la accesibilidad a la placa portatubos 8 en la parte del rodamiento libre 8 con la finalidad del montaje posterior del cuerpo expulsor 12 está, cuanto menos, considerablemente dificultada. Para este caso está previsto que el cuerpo expulsor 12 está conformado como bola 12.4 (Figura 5) que está posicionada en la sección transversal de paso 8c ampliada con el diámetro D_8 de manera que se puede mover libremente. Una bola 12.4 alrededor de la cual hay un flujo no posee, de modo conocido, puntos o bordes de desprendimiento de flujo, sino que, dependiendo de la turbulencia de la capa límite cercana a la pared, un punto de desprendimiento de flujo 12.4d indefinido que, en cualquier caso, visto en la dirección de la corriente, está posicionado por detrás del punto más estrecho de la sección transversal del paso anular que conforma la bola 12.4 con el segundo paso 8b cónico. Al someterse a la corriente la placa portatubos 8 de la parte del rodamiento libre, la bola 12.4 se fija en su centro por medio de la corriente.

Fundamentalmente es posible disponer el cuerpo expulsor 12 conformado como bola 12.4 también en la región de corriente de la placa portatubos 7 de la parte del rodamiento fijo. Esta posibilidad se usará cuando el coste de montaje para la fijación del cuerpo expulsor 12.1 a 12.3 a la placa portatubos 7, 8 no deba o no pueda ser llevado a cabo.

Como materiales para la bola 12.4 se han acreditado, además de los politetrafluoretlenos (PTFE), sobre todo, plásticos altas prestaciones semicristalinos como, por ejemplo, polieterétercetona (PEEK) o termoplásticos amorfos como, por ejemplo, polifenilsulfona (PPSU).

REIVINDICACIONES

1. Termocambiador de haz tubular (1), en particular para la industria de alimentación y bebidas, con un canal exterior (2*) rodeado por una envoltura (2) para un medio portador de calor (W), con una serie de tubos interiores (3) que se extienden paralelos al eje respecto a la envoltura (2) a través del canal exterior (2*), que conforman conjuntamente un canal interior (3*), apoyados en su parte final, respectivamente, en la placa portatubos (7, 8), con una entrada (E) o salida (A) común para todos los tubos interiores (3) conformada en una brida del cambiador (5) en la parte del rodamiento fijo, y una salida (A) o entrada (E) común conformada en un soporte de conexión (8d) de la parte del rodamiento libre para un producto (P), y con al menos un cuerpo expulsor (12) que ejerce una influencia sobre la corriente en la región de flujo de la placa portatubos (7, 8), **caracterizado** porque

- en la región de flujo de la placa portatubos (7, 8) correspondiente,
- que está limitada en la parte exterior por una primera o una segunda sección transversal ampliada de paso (5c, 8c) dentro de la brida del cambiador (5) o bien del soporte de conexión (8d),
- y está dispuesta concéntrica respecto a la placa portatubos 7, 8) de los cuerpos expulsores (12; 12.1, 12.2, 12.3) por medio de una varilla (12c) dispuesta en una parte (12b) trasera con simetría axial,
- porque el cuerpo expulsor (12; 12.1, 12.2, 12.3) está conformado por una parte delantera con simetría axial y por la parte trasera con simetría axial, que conforman en su sección transversal de unión el mayor diámetro exterior común ($d_{\max}$),
- porque el cuerpo expulsor (12; 12.1, 12.2, 12.3) divide la corriente hacia el canal interior (3*) con simetría axial,
- la desvía hacia el exterior, y con ello la acelera en una sección transversal del paso anular (A_s) que se estrecha a modo de tobera entre el cuerpo expulsor (12; 12.1, 12.2, 12.3) y un contorno interior de la brida del cambiador (5) o el soporte de conexión (8d), y
- a continuación conforma conjuntamente con la sección transversal ampliada de paso (5c, 8c) una sección transversal de paso anular ampliada (A_{SE}).

2. Termocambiador de haz tubular según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el cuerpo expulsor (12; 12.1, 12.2, 12.3) posee en la sección transversal ampliada de paso (5c, 8c) un punto de desprendimiento de flujo (12d; 12.1d, 12.2d, 12.3d).

3. Termocambiador de haz tubular según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el punto de desprendimiento de flujo (12d; 12.1d, 12.2d, 12.3d) está posicionado en un lugar más estrecho (sección transversal de paso anular mínima A_{Smin}) de la sección transversal de paso anular (A_s).

4. Termocambiador de haz tubular según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el punto de desprendimiento de flujo (12d; 12.1d, 12.2d, 12.3d) está posicionado, visto en la dirección de la corriente, por detrás de un lugar más estrecho (sección transversal mínima del paso anular A_{Smin}) de la sección transversal de paso anular (A_s).

5. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el cuerpo expulsor (12; 12.1, 12.2, 12.3) está unido fijamente con la placa portatubos (7, 8).

6. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el diámetro exterior ($d_{\max}$) del cuerpo expulsor (12; 12.2, 12.2, 12.3) está dimensionado de tal manera que una sección transversal de paso conformada por medio de un diámetro interior del tubo (D_1) de los tubos interiores (3) dispuestos en el borde exterior de la placa portatubos (7, 8) está cubierta aproximadamente a la mitad por una superficie de flujo ($a_{\max}$) del cuerpo expulsor (12; 12.1, 12.2, 12.3) proyectada en la dirección de la placa portatubos (7, 8).

7. Termocambiador de haz tubular según la reivindicación 5 ó 6, **caracterizado** porque el mayor diámetro exterior común ($d_{\max}$) está conformado en la sección transversal de unión de la parte delantera con simetría axial (12a; 12.1a, 12.2a, 12.3a) con la parte trasera con simetría axial (12b; 12.1b, 12.2b, 12.3b) en forma de un borde de desprendimiento de flujo (12d; 12.1d, 12.2d, 12.3d) definido.

8. Termocambiador de haz tubular según la reivindicación 7, **caracterizado** porque una segunda longitud (l_2) axial de la parte trasera (12b; 12.1b, 12.2b, 12.3b) está realizada más pequeña en comparación con una primera longitud (l_1) axial de la parte delantera (12a; 12.1a, 12.2a, 12.3a), preferentemente con $l_2 \leq 0,5 l_1$.

9. Termocambiador de haz tubular según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado** porque la parte trasera (12b; 12.1b, 12.2b, 12.3b) está limitada por medio de un contorno exterior convexo con un segundo radio de curvatura (R_2).

ES 2 270 339 T3

10. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado** porque la parte trasera (12b; 12.1b, 12.2b, 12.3b) posee una varilla (12c; 12.1c, 12.2c, 12.3c) con una tercera longitud (l_3) axial y un diámetro de la varilla (d_3) claramente reducido respecto al diámetro exterior ($d_{\max}$) del cuerpo expulsor, que presenta un redondeo hacia el segundo radio de curvatura (R_2) con un redondeo de la varilla (r_4), y por medio de la que se lleva a cabo una unión por arrastre de material, de forma y/o de fuerza con la placa portatubos (7, 8).

11. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado** porque está previsto un primer cuerpo expulsor (12.1) cuya parte delantera (12.1a) está conformada curvada convexamente en forma de seta, estando unidos dos primeros radios de curvatura (R_1) en el extremo delantero con un primer redondeo de la punta (r_1).

12. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado** porque está previsto un segundo cuerpo expulsor (12.2) cuya parte delantera (12.2a) está realizada como cono circular recto con un segundo redondeo de la punta (r_2).

13. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado** porque está previsto un tercer cuerpo expulsor (12.3) cuya parte delantera (12.3a) está conformada cónicamente y con una superficie lateral curvada de modo cóncavo, en el que dos terceros radios de curvatura (R_3) están unidos en el extremo delantero con un tercer redondeo de la punta (r_3).

14. Termocambiador de haz tubular (1), en particular para la industria de alimentación y bebidas, con un canal exterior (2*) rodeado por una envoltura (2) para un medio portador de calor (W), con una serie de tubos interiores (3) que se extienden paralelos al eje respecto a la envoltura (2) a través del canal exterior (2*), que conforman conjuntamente un canal interior (3*), apoyados en su parte final, respectivamente, en la placa portatubos (7, 8), con una entrada (E) o salida (A) común para todos los tubos interiores (3) conformada en una brida del cambiador (5) en la parte del rodamiento fijo, y una salida (A) o entrada (E) común conformada en un soporte de conexión (8d) de la parte del rodamiento libre para un producto (P), y con al menos un cuerpo expulsor (12) que ejerce una influencia sobre la corriente en la región de flujo de la placa portatubos (7, 8), **caracterizado** porque

- en la región flujo de la placa portatubos (7, 8) correspondiente está dispuesto el cuerpo expulsor (12),
- porque la región de flujo está limitada por fuera por una primera o una segunda sección transversal ampliada de paso (5c, 8c) dentro de la brida del cambiador (5) o bien del soporte de conexión (8d),
- porque el cuerpo expulsor (12) está conformado como bola (12.4) que está posicionada en la sección transversal ampliada de paso (5c, 8c) de modo que se puede mover libremente,
- porque la bola (12.4) está hecha de politetrafluoretileno (PTFE) o de otro plástico de altas prestaciones semicristalino como, por ejemplo, polieterétercetona (PEEK) o un termoplástico amorfo como, por ejemplo, polifenilsulfona (PPSU)
- porque la bola (12.4) divide la corriente hacia el canal interior (3*) con simetría axial,
- la desvía hacia el exterior, y con ello la acelera en una sección transversal del paso anular (A_s) que se estrecha a modo de tobera entre la bola (12.4) y un contorno interior de la brida del cambiador (5) o del soporte de conexión (8d) y
- a continuación conforma conjuntamente con la sección transversal ampliada de paso (5c, 8c) una sección transversal de paso anular ampliada (A_{SE}).

15. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** porque en el centro de la envoltura (2), independientemente del número de los tubos interiores (3), no está dispuesto ningún tubo interior (3).

16. Termocambiador de haz tubular según una de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque la relación de una sección transversal de paso nominal A_0 de un arco de unión (11) respecto a la sección transversal del paso anular mínimo ($A_{s \min}$) está realizada con $1,5 \leq \frac{A_0}{A_{s \min}} \leq 2,5$, en particular con $\frac{A_0}{A_{s \min}} = 2$.

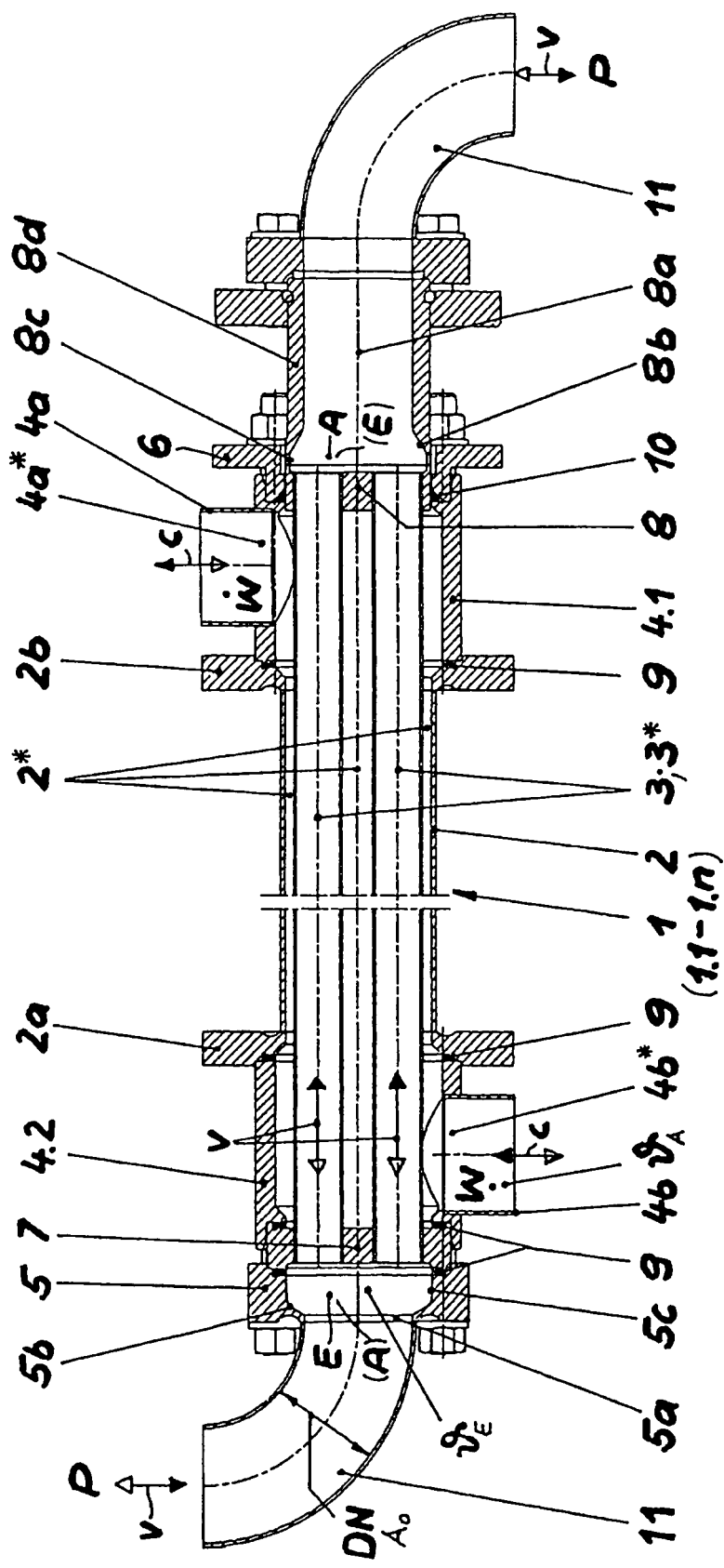
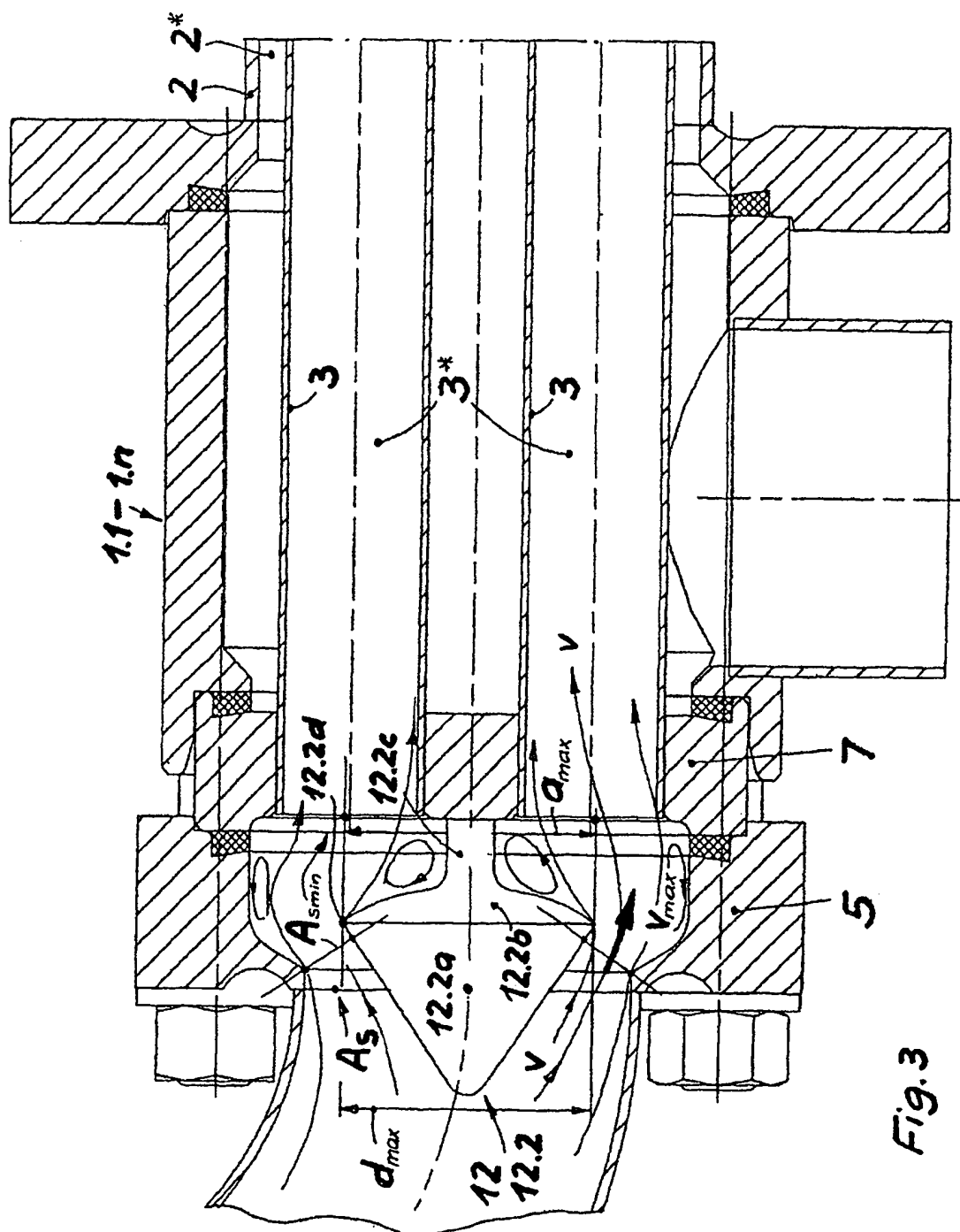


Fig. 1



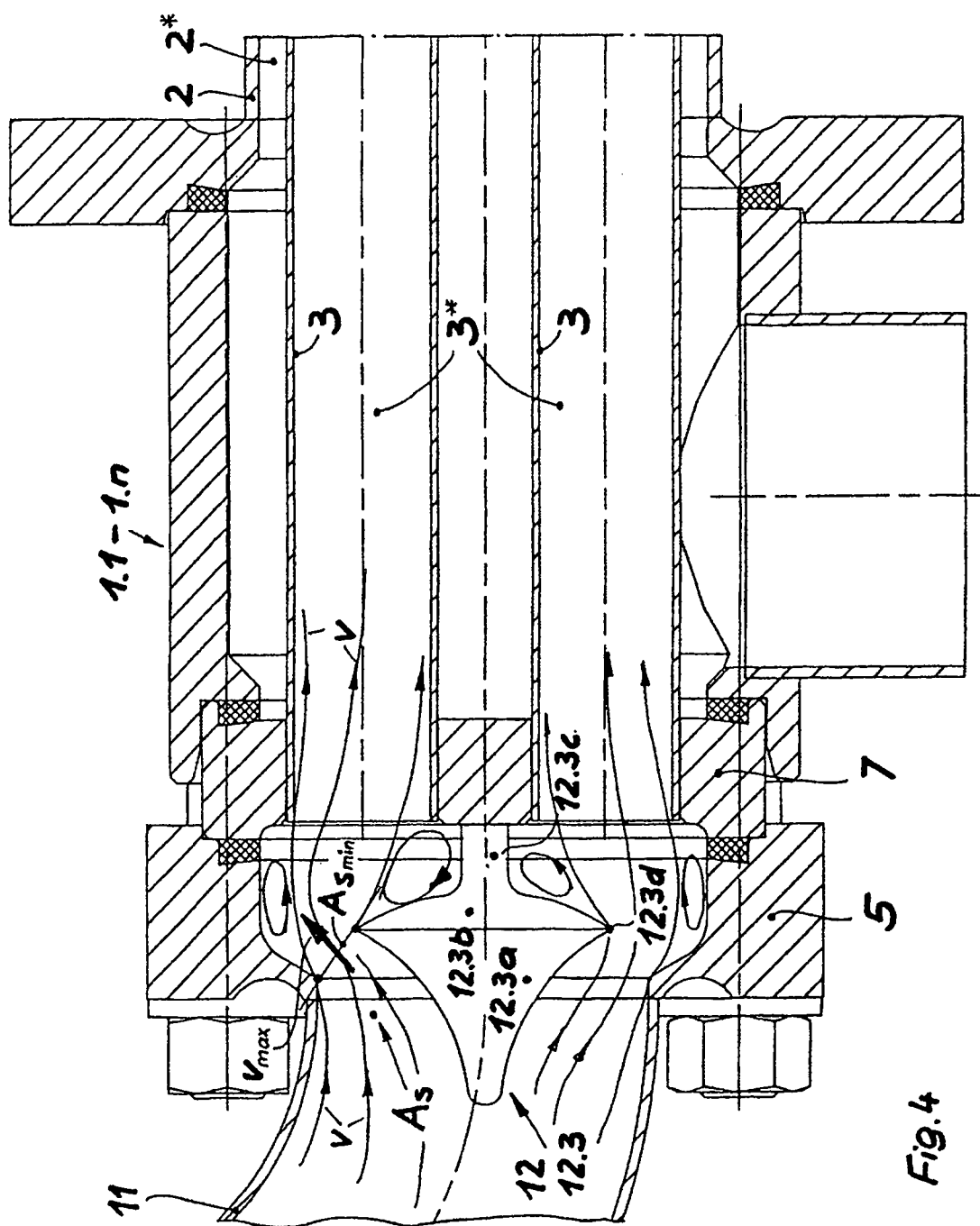


Fig.4

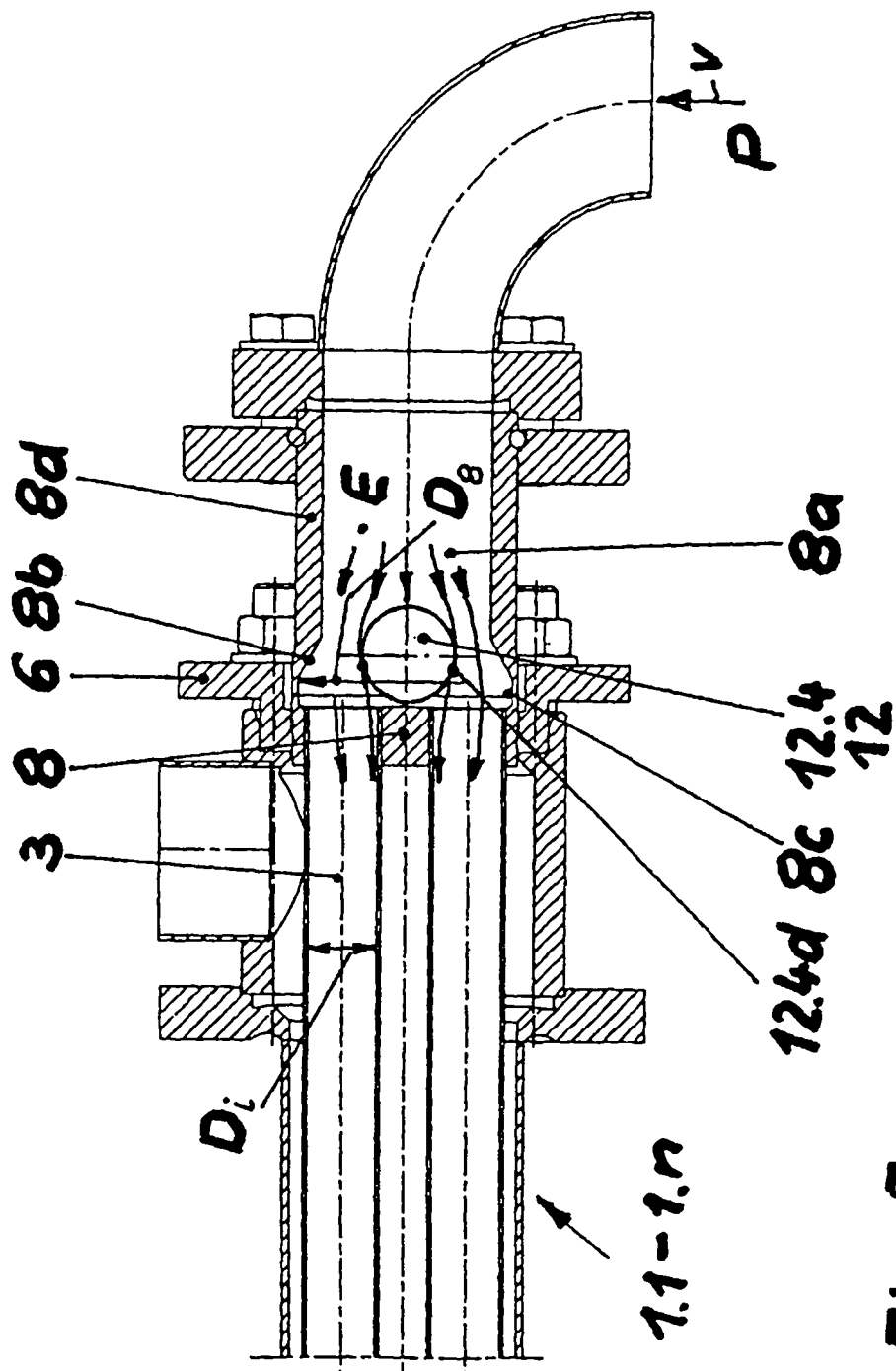


Fig. 5

