



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 331 405**

(51) Int. Cl.:

**F28F 9/22** (2006.01)

**F28F 1/14** (2006.01)

(12)

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **00958015 .0**

(96) Fecha de presentación : **18.07.2000**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1203195**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **08.05.2002**

(54) Título: **Transferencia de calor de flujo transversal mejorada.**

(30) Prioridad: **21.07.1999 US 144948 P**

(73) Titular/es: **Stone & Webster, Inc.  
1430 Enclave Parkway  
Houston, Texas 77077-2023, US**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**04.01.2010**

(72) Inventor/es: **Larsen, Thomas, L. y  
Jayaswal, Umesh, K.**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**04.01.2010**

(74) Agente: **Zuazo Araluce, Alexander**

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

Transferencia de calor de flujo transversal mejorada.

5 La presente invención se refiere de manera general a métodos y aparatos relacionados para mejorar la transferencia de calor hacia o desde un fluido que fluye transversalmente en contacto con las envolventes exteriores térmicamente conductoras de una pluralidad de conductos de intercambio de calor orientados axialmente que pueden actuar como fuentes de calor o como sumideros de calor. Canalizando el flujo de fluido transversal, que fluye generalmente de manera ortogonal a los ejes de los conductos de intercambio de calor, y perfilándolo alrededor de los conductos de 10 intercambio de calor usando elementos a modo de manguitos, se realiza una transferencia de calor sorprendentemente más efectiva y eficaz entre el fluido que fluye y la superficie térmicamente conductora.

Se conoce bien calentar y enfriar fluidos de proceso, que pueden ser líquidos o gases, haciéndolos fluir en contacto con una superficie de transferencia térmica que se mantiene a una temperatura que es diferente de la del fluido de proceso aguas arriba y dando así como resultado una transferencia de calor o bien hacia o bien desde el fluido de proceso (dependiendo de si la superficie de transferencia térmica se mantiene a una temperatura superior o inferior a la del fluido). En una versión familiar de esta tecnología, la superficie de transferencia térmica que actúa como fuente de calor o sumidero de calor es el exterior de una envolvente térmicamente conductora de un tubo o una tubería de transferencia térmica, por ejemplo, que se calienta o se enfriá por medio de un líquido que fluye axialmente a través 20 del interior del tubo o la tubería. En una variación de esta tecnología, puede suministrarse calor directamente al interior de un conducto de intercambio de calor por medio de combustión sin llama de gas combustible (tal como hidrógeno o un hidrocarburo) tal como se enseña, por ejemplo, por las patentes estadounidenses n.º 5.255.742 y 5.404.952.

También se conoce en la técnica hacer fluir un fluido de proceso axialmente a lo largo de una superficie de transferencia térmica, o bien concurrentemente o bien a contracorriente con respecto a la dirección de flujo líquido dentro 25 del tubo de transferencia térmica, o hacer fluir de manera transversal el fluido de proceso con respecto al eje del tubo de transferencia térmica, o alguna combinación de los dos. Aplicaciones típicas de transferencia de calor entre fluido que fluye transversalmente y conductos de intercambio de calor se encuentran en enfriadores de aire, economizadores 30 asociados con hornos o calentadores por combustión, y en intercambiadores multitubulares de envolvente. Se conocen diversos tipos de los denominados diseños de reactor de flujo radiales o axiales/radiales para diversas aplicaciones mediante los cuales al menos una parte de una corriente de proceso de fluido se mueve, en algún punto, a través del reactor en una dirección radial, transversal (es decir, desde dentro hacia fuera o desde fuera hacia dentro), al contrario que con los diseños de reactor de flujo axial más conocidos (es decir, de extremo a extremo). Ejemplos de diseños de reactor que realizan al menos en parte un flujo transversal, radial, de fluido de proceso con respecto a una pluralidad 35 de tubos de transferencia de calor dispuestos axialmente se muestran en las patentes estadounidenses n.º 4.230.669; 4.321.234; 4.594.227; 4.714.592; 4.909.808; 5.250.270 y 5.585.074.

Aunque el contacto de flujo transversal de un fluido de proceso con una superficie de transferencia de calor puede ser una opción atractiva para muchas aplicaciones, la utilidad del contacto de flujo transversal para aplicaciones industriales ha estado limitada por ciertas ineficiencias de transferencia térmica que se han experimentado en la práctica. Normalmente en diseños de flujo transversal, una parte dada del fluido de proceso está en contacto con la superficie de transferencia térmica durante un tiempo menor que con un diseño de flujo axial comparable. Además, el contacto entre el fluido de proceso que fluye transversalmente y la superficie de transferencia térmica es irregular debido a la separación del fluido de proceso y la recirculación. El corto tiempo de contacto con la superficie, el contacto irregular 45 y el mezclado de fluido limitado pueden conducir a una transferencia de energía térmica ineficaz, insuficiente y/o no uniforme.

Por tanto, en un artículo titulado "Impingement heat transfer at a circular cylinder due to an offset of non-offset slot jet", que apareció en *Int. J. Heat Mass Transfer*, vol. 27, n.º 12, págs. 2297-2306 (1984), los autores Sparrow y Alhomoud notifican esfuerzos experimentales para variar los coeficientes de transferencia de calor asociados con flujo transversal de un gas de proceso con respecto a un tubo de transferencia de calor colocando una superficie ranurada cierta distancia aguas arriba del tubo de transferencia de calor para crear un chorro de gas. Sparrow y Alhomoud variaron la anchura de la ranura inductora de chorro, la distancia entre la ranura y el tubo, el número de Reynolds (grado de turbulencia del fluido) y si el chorro de ranura estaba alineado con el tubo, o desplazado de éste. Los 55 autores concluyeron que el coeficiente de transferencia de calor aumentaba con la anchura de la ranura y el número de Reynolds, pero disminuía con el desplazamiento y la distancia de separación entre la ranura y el tubo.

Dado que el estudio de Sparrow y Alhomoud concluyó que el coeficiente de transferencia de calor aumentaba con la anchura de la ranura, la utilidad general de una ranura aguas arriba para aumentar la transferencia de calor es en el 60 mejor de los casos ambigua basándose en esos resultados. Sólo pude concluirse que, en el diseño experimental usado por Sparrow y Alhomoud, una ranura relativamente más ancha condujo a un coeficiente de transferencia de calor superior al de una ranura relativamente más estrecha, y ninguna ranura aguas arriba podría proporcionar el mayor valor. No se realizó ninguna prueba usando una pluralidad de tubos de transferencia de calor, ni usando pares aguas arriba y aguas abajo, ni medios de estrechamiento de flujo alrededor o a lo largo para perfilar preferiblemente las 65 trayectorias de fluido de flujo transversal en contacto con la superficie exterior de cada uno de una pluralidad de tubos de transferencia de calor, y no puede realizarse ninguna extrapolación razonable respecto a tales configuraciones y diseños alternativos muy diferentes basándose en los datos extremadamente limitados presentados.

# ES 2 331 405 T3

Estos y otros inconvenientes y limitaciones de los diseños de intercambio de calor de flujo transversal de la técnica anterior se superan total o parcialmente con los métodos y diseños de transferencia de calor de flujo transversal mejorados de esta invención.

5 La presente invención proporciona aparatos de perfilado de flujo de fluido que tienen las características expuestas en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. Un aparato de perfilado de flujo de fluido que tiene las características definidas en el preámbulo de la reivindicación 1 se da a conocer por ejemplo en el documento US3616849.

10 La invención también proporciona un método para mejorar la transferencia de calor hacia o desde un fluido que fluye transversalmente en contacto con las superficies exteriores de una pluralidad de conductos de intercambio de calor, teniendo dicho método las características expuestas en la reivindicación 13 de las reivindicaciones adjuntas.

Otras características preferidas a las que se atrae la atención se exponen en las reivindicaciones adjuntas.

15 En el método y el aparato definidos anteriormente, la estructura de estrechamiento de flujo de fluido es una estructura mayor con forma de manguito, generalmente concéntrica, que rodea al menos parcialmente cada conducto en un arreglo de conductos de intercambio de calor tubulares, teniendo cada una de tales estructuras de manguito aberturas aguas arriba y aguas abajo del tubo de intercambio de calor situado en el centro. Se ha encontrado que los manguitos con aberturas de este tipo que rodean al menos parcialmente conductos de intercambio de calor individuales en un 20 arreglo de tales conductos mejoran la transferencia de calor en un factor de aproximadamente cinco veces o más.

Realizaciones de la invención pueden proporcionar arreglos de conductos de transferencia de calor de configuraciones y tamaños variables en los que cada conducto del arreglo está asociado con sus propios medios de estrechamiento de flujo de fluido aguas arriba, aguas abajo y/o alrededor o a lo largo del conducto de manera que se perfila preferiblemente la parte de la corriente de fluido que fluye transversalmente por el exterior del conducto para realizar una transferencia de calor mejorada. El aparato se diseña de manera que limita sustancialmente la derivación de flujo de fluido tal que se fuerza que una parte predominante del fluido de proceso fluya por la superficie de transferencia de calor. La superficie de transferencia de calor será normalmente uno o un arreglo configurado de conductos de intercambio de calor, orientado para tener el eje paralelo dispuesto en una dirección axial que es generalmente ortogonal a la dirección de flujo de fluido, y que tiene una envolvente térmicamente conductora. La superficie exterior de la envolvente de cada conducto de este tipo se mantiene a una temperatura diferente de la del fluido de proceso aguas arriba de manera que se transfiere energía térmica hacia o desde el fluido de proceso mediante conducción, convección, radiación o alguna combinación de los mismos, a medida que el fluido fluye por, y entra en contacto con, las superficies exteriores de los conductos de intercambio de calor.

35 Los ductos o conductos de intercambio de calor de esta invención pueden comprender de manera amplia tubos, tuberías o cualquier otro recinto con fuentes de calor o sumideros de calor. Las superficies exteriores de los conductos de intercambio de calor pueden estar desnudas o, tal como se comenta a continuación, pueden tener aletas o cualquier combinación de los dos. La sección transversal de los conductos o ductos puede ser circular, elíptica o cualquier otra forma cerrada. Cuando se usa una pluralidad de tales conductos de intercambio de calor, normalmente se dispondrán en alguna configuración predeterminada tal como en un arreglo triangular, un arreglo cuadrado, un arreglo circular, un arreglo anular u otro patrón de este tipo dependiendo de la elección de diseño y/o los requisitos de una aplicación particular. Con respecto a la dirección del flujo de fluido, conductos adyacentes pueden alinearse, escalonarse o colocarse de otro modo, de nuevo dependiendo de la elección de diseño y/o de los requisitos de aplicación.

45 El tamaño de los conductos de intercambio de calor vendrá determinado, al menos en parte, por los requisitos de proceso para la velocidad de transferencia de calor. En general, los conductos que tienen secciones transversales mayores (para cualquier geometría de conducto dada) proporcionarán áreas superficiales mayores y por tanto más capacidad de transferencia de calor. Pueden proporcionarse elementos de aletas, desviaciones u otras estructuras de mejora de la transferencia de calor sobre la superficie exterior de algunos o de todos los conductos de intercambio de calor para aumentar adicionalmente el área superficial y mejorar las características de transferencia de calor. Una realización preferida utiliza aletas circunferenciales próximas aplicadas en una espiral a lo largo de la longitud exterior del conducto. Esta disposición aumenta el área superficial de transferencia de calor expuesta al flujo transversal sin impedir el flujo. Se entenderá que la naturaleza y el caudal del fluido de proceso, y el cambio de temperatura deseado en el fluido entre aguas arriba de los conductos de intercambio de calor y aguas abajo de los conductos, también afectarán a estas elecciones de diseño.

60 Las aberturas en la estructura de estrechamiento de flujo de fluido comprenden preferiblemente cualquier combinación de orificios perforados o ranuras axiales (es decir, aberturas alargadas que tienen un eje más largo generalmente paralelo a la orientación axial de los conductos de intercambio de calor). Los orificios o ranuras en diferentes partes del aparato pueden ser iguales o diferentes en cuanto a la curvatura, el tamaño y la forma. Los bordes alrededor de las entradas y las salidas pueden ser rectos, redondeados, serrados o alguna combinación de los mismos.

65 La estructura de estrechamiento de flujo de fluido está colocada preferiblemente con respecto a un conducto de intercambio de calor asociado de tal manera que la distancia entre la línea central de una abertura aguas arriba o aguas abajo y el centroide de un conducto de intercambio de calor asociado oscila desde aproximadamente 0 hasta aproximadamente 2,0, preferiblemente desde aproximadamente 0,50 hasta aproximadamente 1,00, veces el diámetro exterior (o la mayor dimensión transversal de un conducto no circular) del conducto. En cualquier caso, la separación

## ES 2 331 405 T3

entre la abertura y el conducto debe estar lo suficientemente cerca como para realizar una transferencia de calor sustancialmente mejorada. La anchura (lado más corto) de una abertura de estrechamiento de flujo alargada o el diámetro de una abertura de estrechamiento de orificio generalmente circular puede oscilar preferiblemente desde aproximadamente 0,02 hasta aproximadamente 1,5, preferiblemente desde aproximadamente 0,05 hasta aproximadamente 0,25,

5 veces el diámetro exterior (o la mayor dimensión transversal de un conducto no circular) del conducto. La estructura de estrechamiento de flujo de fluido está colocada preferiblemente con respecto a un conducto de intercambio de calor asociado de tal manera que el desplazamiento entre el centro de la abertura y el centroide del conducto de intercambio de calor oscila desde 0 hasta 0,5, preferiblemente 0, veces el diámetro exterior (o la mayor dimensión transversal de un conducto no circular) del conducto.

10 El aparato de intercambio de calor de flujo transversal mejorado de esta invención mejora la transferencia de calor entre el fluido que fluye transversalmente y la pluralidad de conductos de intercambio de calor mediante uno o más de los siguientes mecanismos:

- 15 (a) aumentando la velocidad de fluido alrededor de los conductos de intercambio de calor;
- (b) dirigiendo preferiblemente el fluido para que siga estrechamente la superficie exterior de los conductos de intercambio de calor;
- 20 (c) restringiendo que el fluido fluya al interior o a través de zonas que están alejadas de la superficie exterior de un conducto de intercambio de calor;
- (d) reduciendo las regiones “muertas” y la recirculación de flujo alrededor de los conductos de intercambio de calor;
- 25 (e) mejorando la turbulencia del fluido; y
- (f) mejorando el mezclado entre partes más frías y más calientes del fluido.

30 Ahora se describirá, únicamente a modo de ejemplo, cómo puede ponerse en práctica la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 la figura 1 (referencia) es una vista en sección desde arriba esquemática de una primera realización de un aparato de intercambio de calor de flujo transversal, con mejora de la transferencia de calor según la presente invención, en el que un arreglo sustancialmente circular de conductos de intercambio de calor dispuestos axialmente está colocado dentro de un anillo de estrechamiento de flujo de fluido.

40 La figura 2A (invención) es una vista en planta esquemática de una segunda realización de un aparato de intercambio de calor de flujo transversal, con mejora de transferencia de calor según la presente invención, que muestra un arreglo sustancialmente circular de conductos de intercambio de calor dispuestos axialmente, cada uno rodeado por un manguito tubular de estrechamiento de flujo de fluido, sustancialmente concéntrico, y que también muestra los varios manguitos de estrechamiento de flujo de fluido unidos juntos en una primera estructura a modo de anillo.

45 La figura 2B es una vista lateral de una combinación conducto-manguito que ilustra una configuración de ranura desplazada escalonada preferida.

50 La figura 3 (invención) ilustra una variación de la estructura de la figura 2 que muestra un arreglo circular concéntrico doble de conductos de intercambio de calor con conductos radialmente adyacentes mostrados en alineación de tal manera que las aberturas de restricción de flujo de fluido de los manguitos de flujo restringido asociados con estos conductos alineados radialmente también están en alineación radial.

55 La figura 4 (referencia) es una vista en sección desde arriba esquemática de otra realización de un aparato de intercambio de calor de flujo transversal, con mejora de transferencia de calor según la presente invención, que muestra una doble fila de conductos de intercambio de calor dispuestos axialmente dispuestos en un arreglo sustancialmente rectangular con una primera desviación de flujo de fluido restringido aguas arriba, una segunda desviación de flujo de fluido restringido intermedia que separa la primera y la segunda fila de conductos, y una tercera desviación de flujo de fluido restringido aguas abajo que sigue a la segunda fila de conductos, con las correspondientes aberturas de la primera, la segunda y la tercera desviación mostradas sustancialmente en alineación con los conductos respectivos y entre sí.

60 La figura 5 (invención) ilustra todavía otra realización de un aparato de transferencia de calor de flujo transversal mejorado según esta invención que muestra un arreglo de múltiples (es decir, tres o más) filas de conductos de intercambio de calor dispuestos en una geometría triangular y que muestra dos trayectorias de flujo de fluido alternativas a través del arreglo.

65 La figura 6 (invención) ilustra otra realización de un aparato de transferencia de calor de flujo transversal mejorado según esta invención que muestra un arreglo de múltiples (es decir, tres o más) filas de conductos de intercambio de calor dispuestos en una geometría cuadrada y que muestra dos trayectorias de flujo de fluido alternativas a través del arreglo.

# ES 2 331 405 T3

La figura 7 (invención) ilustra todavía otra realización de un aparato de transferencia de calor de flujo transversal mejorado según esta invención que muestra cómo puede colocarse una o una pluralidad de placas a lo largo de dos lados de cada conducto de intercambio de calor para provocar el perfilado preferible de una corriente de fluido que fluye transversalmente para lograr características de transferencia de calor mejorada.

5 La figura 8 (invención) ilustra aún otra realización de un aparato de transferencia de calor de flujo transversal mejorado según esta invención que muestra un tipo alternativo de estructura de manguito formada colocando placas curvas que tienen un perfil correspondiente a dos lados de un conducto alrededor de dos lados de cada conducto de intercambio de calor para provocar un perfilado preferible de una corriente de fluido que fluye transversalmente para lograr características de transferencia de calor mejoradas.  
10

La figura 1 (referencia) muestra un aparato 10 de intercambio de calor de flujo transversal según esta invención que tiene un arreglo generalmente circular de conductos 12 de intercambio de calor dispuestos axialmente distribuidos alrededor del interior de una región 28 anular definida por una pared 20 cilíndrica interior y una pared 22 cilíndrica exterior, teniendo cada una un punto 14 central común. Tal como se muestra en la figura 1, los conductos 12 tienen sustancialmente el mismo diámetro, que es inferior a la anchura radial de la región anular, y están separados de manera sustancialmente equidistante entre sí.  
15

Asociada con cada conducto 12 de intercambio de calor hay una abertura 24 aguas arriba en la pared 20 interior y una abertura 26 aguas abajo en la pared 22 exterior. Tal como se muestra en la figura 1, pares respectivos de aberturas 24 aguas arriba y aberturas 26 aguas abajo están sustancialmente en alineación radial con el conducto 12 asociado y entre sí. Por tanto, en la figura 1, se hace fluir un fluido 30 de proceso axialmente al interior de la región 16 cilíndrica interior del aparato 10 de intercambio de calor y entonces se dirige radialmente hacia fuera a través de aberturas 24 aguas arriba, fluyendo transversalmente en contacto con los conductos 12 de intercambio de calor, tal como se indica por las flechas de flujo de fluido en la figura 1, calentando o enfriando así la corriente de proceso para formar una corriente 32 de fluido acondicionada térmicamente que sale de la región 28 anular a través de aberturas 26 aguas abajo.  
20  
25

Se entenderá que aunque la figura 1 ilustra una trayectoria de flujo de fluido radialmente hacia fuera, el mismo aparato puede usarse para tratar térmicamente una corriente de proceso que fluye radialmente hacia el interior hacia una región 16 central y que posteriormente se retira axialmente de la región 16. En esta variación, las aberturas 26 en la pared 22 exterior serían las aberturas aguas arriba y las aberturas 24 en la pared 20 interior serían las aberturas aguas abajo.  
30

Las figuras 2A y 2B muestran un aparato 110 de intercambio de calor de flujo transversal particularmente preferido según esta invención que tiene un arreglo generalmente circular de conductos 112 de intercambio de calor dispuestos axialmente, cada uno rodeado por un manguito 120 con aberturas que tiene o bien (i) una abertura 124 aguas arriba y una abertura 126 aguas abajo o bien (ii) pares 174, 176 y 184, 186 de aberturas desplazados tal como se describe a continuación. Los manguitos 120 individuales están unidos entre sí en una estructura cilíndrica o a modo de anillo mayor mediante paredes 122 de conexión. Las aberturas 124 y 126 pueden comprender columnas de ranuras alargadas u orificios de perforación orientados axialmente, que están radialmente alineados con los conductos 112. Alternativamente, en una realización preferida también ilustrada en una parte de la figura 2A, los pares 174, 176 y 184, 186 de aberturas están ligeramente desplazados de la alineación radial en una disposición de ranuras escalonadas. La disposición de ranuras escalonadas para los pares 174, 176 y 184, 186 de aberturas se ilustra en la figura 2A, con detalle adicional en la figura 2B, en la que pares 174, 176 y 184, 186 de ranuras desplazadas (que sustituyen a los pares 124, 126 de aberturas) están escalonados en elevación y ligeramente desplazados de la línea radial desde el punto 114 central en ángulos iguales  $\theta$ . La figura 2B muestra una vista lateral tomada a lo largo de la línea 2B-2B en la figura 2A de un conducto 112 de intercambio de calor que tiene un manguito 120 cilíndrico con la disposición de ranuras escalonadas preferida. La vista en planta de esta combinación de conducto/manguito con ranuras escalonadas tal como se muestra en la figura 2A se toma a lo largo de la línea 2A-2A en la figura 2B. Los extremos de las ranuras de pares de ranuras desplazadas alternos pueden solaparse ligeramente o estar a la misma elevación de modo que no hay interrupción del flujo a lo largo de la dirección axial del aparato de intercambio de calor. Este diseño con separación y solapamiento de las ranuras desplazadas también deja regiones de conexión entre las partes axialmente solapadas de ranuras desplazadas adyacentes, indicadas generalmente por el número de referencia 190 en la figura 2B, para proporcionar a los manguitos 120 una mejor integridad mecánica circunferencial sin bloquear ningún flujo de fluido. Para una ilustración simplificada, la figura 2A muestra un manguito 120 con aberturas que tiene la configuración de aberturas desplazadas de dos pares mientras que los otros manguitos tienen una configuración de aberturas alineadas de un par. Sin embargo, en la práctica todos los manguitos con aberturas para un aparato 110 particular tendrán normalmente la misma configuración de aberturas.  
35  
40  
45  
50  
55

60 Por tanto, en la figura 2A, se hace fluir axialmente un fluido 130 de proceso al interior de la región 116 cilíndrica interior que tiene un punto 114 central del aparato 110 de intercambio de calor y después se dirige radialmente hacia fuera a través de aberturas 124 aguas arriba, fluyendo transversalmente en contacto con los conductos 112 de intercambio de calor, tal como se representa por las flechas de flujo de fluido en la figura 2A, calentando o enfriando así la corriente de proceso para formar una corriente 132 de fluido acondicionada térmicamente que sale de las regiones interiores definidas por los manguitos 120 a través de aberturas 126 aguas abajo. En la realización de ranuras escalonadas, el flujo que fluye radialmente hacia fuera o bien fluirá a través de la abertura 174 aguas arriba, en contacto con el conducto 112, y saldrá a través de la abertura 176 aguas abajo, o bien, dependiendo de la elevación axial, en su lugar fluirá a través del par 184, 186 de aberturas. Se entenderá que aunque la figura 2A ilustra una trayectoria de flujo

## ES 2 331 405 T3

de fluido radialmente hacia fuera, el mismo aparato puede usarse para tratar térmicamente una corriente de proceso que fluye radialmente hacia dentro hacia una región 116 central y que posteriormente se retira axialmente de la región 116. En esta variación, las aberturas 126 (ó 176 y 186) serán las aberturas aguas arriba, y las aberturas 124 (ó 174 y 184) serán las aberturas aguas abajo.

La figura 3 muestra un aparato 160 de intercambio de calor de flujo transversal que es una variación del aparato 110 de intercambio de calor de flujo transversal mostrado en la figura 2. El aparato 160 se diferencia del aparato 110 en el uso de un arreglo circular concéntrico doble de conductos de intercambio de calor en vez del arreglo circular único de la figura 2. Tal como se observa en la figura 3, existe un segundo arreglo circular de conductos 142 de intercambio de calor, cada uno en alineación radial con un conducto 112 correspondiente del primer arreglo circular. Cada conducto 142 está rodeado por un manguito 150 con aberturas que tiene una abertura 164 aguas arriba y una abertura 166 aguas abajo. Las aberturas 164 y 166 para un manguito 150 dado asociado con un conducto 142 particular se muestran sustancialmente en alineación radial con las aberturas 124 y 126 en el manguito 120 del conducto 112 radialmente adyacente correspondiente. Los manguitos 150 individuales están unidos entre sí en una estructura cilíndrica o a modo de anillo mayor mediante paredes 152. Aunque la figura 3 sólo muestra un único conducto 142 del segundo arreglo circular de conductos de intercambio de calor, se entenderá que cada conducto 112 del primer arreglo circular está asociado con un conducto 142 correspondiente del segundo arreglo circular.

Por tanto, en la figura 3, una corriente 132 de fluido parcialmente acondicionada térmicamente que sale por las primeras aberturas 126 aguas abajo en manguitos 120 se dirige radialmente hacia fuera a través de segundas aberturas 164 aguas arriba, fluyendo transversalmente en contacto con el segundo arreglo de conductos 142 de intercambio de calor, calentando o enfriando así adicionalmente la corriente de proceso para formar una corriente 162 de fluido totalmente acondicionada térmicamente que sale de la región interior definida por los manguitos 150 a través de segundas aberturas 166 aguas abajo. Se entenderá que aunque la figura 3 ilustra una trayectoria de flujo de fluido radialmente hacia fuera, el mismo aparato puede usarse para tratar térmicamente una corriente de proceso que fluye radialmente hacia dentro hacia la región 116 central y que posteriormente se retira axialmente de la región 116. En esta variación, las aberturas 166 y 126 serán respectivamente las primeras y segundas aberturas aguas arriba, y las aberturas 164 y 124 serán respectivamente las primeras y segundas aberturas aguas abajo.

La figura 4 (referencia) muestra una parte de otro aparato 210 de intercambio de calor de flujo transversal según esta invención. En la figura 4 una fila doble de conductos de intercambio de calor dispuestos axialmente, que comprende una primera fila aguas arriba de conductos 212 y una segunda fila aguas abajo de conductos 216, está dispuesta en un arreglo generalmente rectangular en conjunción con: una primera placa 220 con aberturas aguas arriba que tiene aberturas 226; una segunda placa 222 con aberturas intermedia que tiene aberturas 228, separando la placa 222 las filas primera y segunda de conductos; y, una tercera placa 224 con aberturas aguas abajo que tiene aberturas 230. Cada conjunto de aberturas 226, 228 y 230 asociado con un par de conductos 212 y 216 adyacente aguas arriba-aguas abajo se muestra sustancialmente en alineación lineal entre sí y con el par asociado de conductos 212 y 216 aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

Por tanto, en la figura 4, un fluido 232 de proceso se dirige, tal como indican las flechas de flujo de fluido en la figura 4, a través de aberturas 226 y fluye transversalmente en contacto con primeros conductos 212 de intercambio de calor aguas arriba, calentando o enfriando así parcialmente la corriente de proceso para formar una corriente 234 de fluido parcialmente acondicionada térmicamente. La corriente 234 se dirige entonces a través de aberturas 228 y se hace fluir transversalmente en contacto con segundos conductos 216 de intercambio de calor aguas abajo calentando o enfriando así adicionalmente la corriente de proceso para formar una corriente 236 de fluido completamente acondicionada térmicamente que se hace fluir hacia fuera del aparato 210 a través de aberturas 230 de salida.

La figura 5 ilustra dos trayectorias de flujo de fluido posibles alternativas a través de un conjunto de múltiples filas de conductos 312 de intercambio de calor dispuestos en un arreglo desplazado o triangular según otra realización de un aparato 310 de intercambio de calor de flujo transversal según esta invención. Por tanto, en la figura 5, filas alternas de conductos de intercambio de calor están desplazadas de filas adyacentes en vez de tener conductos en filas adyacentes sustancialmente en alineación lineal tal como se muestra en las figuras 4 y 6. En esta configuración, los puntos centrales de tres conductos adyacentes en dos filas adyacentes forman un triángulo 340 equilátero. Aunque no se muestra en la figura 5, se entiende que el aparato de la figura 5 incluye placas con aberturas aguas arriba y aguas abajo situadas respectivamente antes y después de la última fila de conductos, así como placas con aberturas intermedias que separan filas adyacentes de conductos. Alternativamente, cada conducto 312 puede estar rodeado por una estructura a modo de manguito con aberturas tal como se describió anteriormente para otras figuras.

Las flechas 332 de flujo de fluido en la figura 5 ilustran una primera orientación posible de flujo de fluido que puede usarse con el arreglo de conductos triangular del aparato 310. Las flechas 334 de flujo de fluido en la figura 5 ilustran una segunda orientación posible de flujo de fluido que puede usarse con el arreglo de conductos triangular del aparato 310. Aunque la figura 5 muestra cuatro filas de conductos de intercambio de calor en el arreglo triangular, puede usarse un número menor o mayor de filas de conducto en esta configuración según sea apropiado.

La figura 6 ilustra dos trayectorias de flujo de fluido posibles alternativas a través de un conjunto de múltiples filas de conductos 412 de intercambio de calor dispuestos en un arreglo cuadrado según todavía otra realización de un aparato 410 de intercambio de calor de flujo transversal según esta invención. Por tanto, en la figura 6, los conductos 412 en filas adyacentes están sustancialmente en alineación lineal. En esta configuración, el punto central de cuatro

## ES 2 331 405 T3

conductos adyacentes en dos filas adyacentes forman un cuadrado 440. Aunque no se muestra en la figura 6, se entiende que el aparato de la figura 6 incluye placas con aberturas aguas arriba y aguas abajo situadas respectivamente antes de la primera fila de conductos y después de la última fila de conductos, así como placas con aberturas intermedias que separan filas adyacentes de conductos. Alternativamente, cada conducto 412 puede estar rodeado por un manguito con 5 aberturas tal como se describió anteriormente.

Las flechas 432 de flujo de fluido en la figura 6 ilustran una primera orientación posible de flujo de fluido que puede usarse con el arreglo de conductos cuadrado del aparato 410. Las flechas 434 de flujo de fluido en la figura 6 ilustran una segunda orientación posible de flujo de fluido que puede usarse con el arreglo de conductos cuadrado del aparato 10 410. Aunque la figura 6 muestra cinco filas de conductos de intercambio de calor en el arreglo cuadrado, puede usarse un número menor o mayor de filas de conductos en esta configuración según sea apropiado.

La figura 7 ilustra todavía otra variación de un aparato 510 de transferencia de calor de flujo transversal mejorado 15 según esta invención. En la figura 7, cada conducto 512 de intercambio de calor está asociado con una o más placas 520, 522, 524, 526 y 528 laterales de estrechamiento de flujo colocadas a lo largo del conducto 512 y orientadas de manera generalmente ortogonal a la dirección de flujo de fluido, tal como se indica por las flechas 530 y 532. Los bordes de las placas 520, 522, 524, 526 y 528 laterales más próximos al conducto 512 están separados de las paredes 20 exteriores del conducto 512 de manera que se crean dos canales o aberturas de fluido entre los bordes de la placa y la pared del conducto, uno a lo largo de cada lado de cada conducto 512. La separación entre los bordes de la placa y la pared del conducto puede ajustarse mediante experimentación rutinaria para optimizar el perfilado de la trayectoria de flujo de fluido para maximizar la transferencia de calor. Cuando se usan dos o más placas laterales de estrechamiento 25 de flujo para cada conducto 512, la separación entre los bordes de la placa y la pared del conducto puede ser la misma o diferente con el fin de perfilar de manera óptima la trayectoria de flujo de fluido.

25 Tal como se observa en la figura 7, las placas laterales de estrechamiento de flujo pueden colocarse a lo largo del conducto 512 de tal manera que el plano de la placa pasa a través del centroide 518 del conducto 512 (tal como la placa 524), o colocarse de tal manera que los planos de las placas intersecan con el conducto 512 aguas arriba (tal como las placas 520 y 526) del centroide 518, o aguas abajo (tal como las placas 522 y 528) de centroide 518, o cualquier 30 combinación de los mismos. La distancia 542 entre la abertura y el centroide 518 del conducto puede ser inferior a la mitad del diámetro 544 tal como se muestra, con una distancia que se aproxima a cero como límite, por ejemplo la placa 524. Esto se diferencia de estructuras de desviación mostradas en las figuras 1 y 4 en las que la distancia entre las 35 aberturas y el centroide del conducto es mayor que la mitad del diámetro del conducto. Tal como se usa en el presente documento, se pretende que la frase "placa lateral colocada a lo largo de un conducto de intercambio de calor" se refiera a placas tales como 520, 522, 524, 526 y 528 en la figura 7, orientadas de manera generalmente ortogonal a la dirección de flujo de fluido, en las que el plano de la placa interseca con cualquier parte del conducto de intercambio de calor.

La figura 8 ilustra otra variación de un aparato 610 de transferencia de calor de flujo transversal mejorado según esta 40 invención que muestra una variación de la configuración de manguito con aberturas mostrada en la figura 2. En la figura 8, cada conducto 612 de intercambio de calor está parcialmente rodeado por un par de placas 620 curvadas de manera opuesta que se adaptan generalmente a la curvatura de la pared exterior del conducto 612 en una configuración con 45 forma de concha. Cada placa 620 curvada se une a una placa 622 lateral o de pared colocada de manera generalmente ortogonal a la dirección del flujo de fluido, tal como se indica por las flechas 630 y 632.

El par de placas 620 curvadas alrededor de cada lado de un conducto 612 dado no se tocan entre sí y no se extienden 50 ni aguas arriba ni aguas abajo de la pared exterior del conducto 612. Por tanto, tal como se muestra con fines ilustrativos en la figura 8, una línea o un plano que conecta los bordes aguas arriba y aguas abajo de un par de placas 620 curvadas intersecará con un conducto 612. Las aberturas aguas arriba y aguas abajo entre los pares de placas 620 curvadas son las 55 aberturas a través de las cuales se dirige la corriente de fluido de proceso para realizar el perfilado preferible de la corriente de fluido. La distancia 642 entre la abertura y el centroide 618 del conducto puede ser inferior a la mitad del diámetro 644 tal como se muestra, con una distancia que se aproxima a cero como límite, por ejemplo, a medida que las longitudes de las placas 620 curvadas se aproximan a cero dejando sólo la placa 622 lateral, una configuración correspondiente a la figura 7 con una única placa 524. Esto se diferencia de las estructuras de desviación mostradas 60 en las figuras 1 y 4 en las que la distancia entre los aparatos y el centroide del conducto es mayor que la mitad del diámetro del conducto.

La configuración en forma de concha de la figura 8 con cada par de placas 620 curvadas alrededor de los lados de 65 cada conducto 612, se diferencia de la configuración de manguito con ranuras de la figura 2 en que en la figura 8 una línea o un plano que conecta los bordes de las aberturas de fluido aguas arriba y aguas abajo interseca con el conducto 612, lo que no sucede para los manguitos con ranuras mostrados en la figura 2A. En un sentido, la realización de la figura 8 puede verse como una versión extrema de la realización de la figura 7 en la que las placas laterales individuales colocadas a lo largo del conducto de intercambio de calor no están separadas, tal como se observa en la figura 7, sino que en vez de eso están colocadas enfrentadas entre sí de tal manera que sus bordes de lado de conducto forman las placas 620 curvadas de la figura 8.

Resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse otros cambios y modificaciones en los métodos y aparatos descritos anteriormente para mejorar la transferencia de calor de flujo transversal sin apartarse 70 del alcance de la invención en el presente documento, y se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior se interprete en un sentido ilustrativo y no limitativo.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato de perfilado de flujo de fluido para perfilar preferiblemente la trayectoria de fluido de un fluido (130) de proceso que fluye transversalmente a través de, y en contacto con, una pluralidad de conductos (112) de transferencia de calor separados, comprendiendo dicho aparato una pluralidad de estructuras (120) de desviación con forma de manguito, longitudinalmente continuas, comprendiendo cada estructura de desviación al menos un conjunto apareado de aberturas (124, 126) de flujo de fluido que constituyen el único paso de fluido de aguas arriba a aguas abajo a través del aparato de perfilado de flujo de fluido, **caracterizado** porque cada una de dichas estructuras (120) de desviación rodea de manera sustancialmente simétrica un conducto (112) de transferencia de calor para definir una región de flujo de fluido con forma anular aislando así el flujo de fluido transversal alrededor de ese conducto de transferencia de calor asociado del flujo de fluido transversal alrededor de conductos de transferencia de calor adyacentes situados transversalmente a la dirección de flujo de fluido, y en el que las aberturas (124, 126) de flujo de fluido de una estructura de desviación están situadas simétricamente aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, del conducto (112) de transferencia de calor asociado en alineación aguas arriba y aguas abajo al menos parcial entre sí y con el conducto de transferencia de calor asociado, mediante lo cual cada una de dichas estructuras (120) de desviación perfila la trayectoria de flujo de dicho fluido de proceso alrededor del perfil del conducto de transferencia de calor asociado.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que al menos dos de dichas estructuras (120) de desviación están interconectadas (122) en un aparato de perfilado de fluido mayor para perfilar flujo de fluido alrededor de una pluralidad de conductos (112) de transferencia de calor.
3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dichos conductos (112) de transferencia de calor están dispuestos en un arreglo generalmente circular y en el que además las estructuras (120) de desviación individuales asociadas con los conductos de transferencia de calor están interconectadas para formar un aparato (110) de perfilado de fluido con forma cilíndrica mayor.
4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que pares de aberturas (124, 126) de flujo de fluido comprenden aberturas aguas arriba y aguas abajo alineadas radialmente en las estructuras de desviación individuales.
5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que pares de aberturas de flujo de fluido comprenden aberturas (176, 186) aguas arriba y aguas abajo en las estructuras de desviación individuales que están desplazadas de la línea radial.
6. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos conductos (112) de transferencia de calor comprenden al menos un arreglo generalmente circular de conductos de transferencia de calor cilíndricos alineados axialmente, al menos algunos de los cuales están sustancialmente rodeados por una estructura con forma de manguito, con aberturas, sustancialmente concéntrica que tiene pares (184, 176; 174, 186) de aberturas aguas arriba y aguas abajo en columnas paralelas al eje del conducto asociado, en el que además una estructura (120) con forma de manguito está fijada por un elemento (122) de placa a una estructura con forma de manguito adyacente para formar una estructura cilíndrica mayor.
7. Aparato según la reivindicación 6, en el que los pares de aberturas comprenden ranuras (184, 176; 174, 186) alargadas, teniendo cada ranura un eje largo generalmente paralelo a los ejes de los conductos de transferencia de calor.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que un conducto de transferencia de calor está asociado con dos pares de ranuras (184, 176; 174, 186) alargadas, estando cada par de ranuras desplazado ( $\theta$ ) de la alineación radial con el eje (114) de la estructura cilíndrica mayor.
9. Aparato según la reivindicación 6 ó 7, en el que dichos conductos de transferencia de calor comprenden al menos dos arreglos generalmente circulares de conductos (112, 142) de transferencia de calor orientados para tener ejes paralelos, siendo un arreglo concéntrico con respecto al otro.
10. Aparato según la reivindicación 9, en el que las estructuras (120, 150) de desviación de pares adyacentes de conductos (112, 142) de transferencia de calor alineados radialmente están interconectadas de tal manera que una abertura (164) entre las estructuras de desviación sirve como la abertura de flujo de fluido aguas abajo para uno de los conductos y la abertura de flujo de fluido aguas arriba para el otro.
11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que la estructura de desviación asociada con un conducto (216) de transferencia de calor comprende un conjunto de elementos (220, 222, 224) de placa sustancialmente planos colocados de dos en dos en el borde a lo largo de dos lados de una superficie de transferencia de calor en proximidad a, pero sin tocar, la superficie, estando orientados los planos de dichos elementos de placa de manera generalmente orthogonal a la trayectoria de fluido del fluido (232, 234, 236) de proceso, de manera que se definen regiones de flujo de fluido con forma generalmente anular que tienen pares de aberturas aguas arriba y aguas abajo alrededor de dichos conductos de transferencia de calor.

## ES 2 331 405 T3

12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que la estructura de desviación asociada con un conducto de transferencia de calor comprende elementos (620) de placa perfilados colocados de dos en dos a lo largo de dos lados del conducto (612) de transferencia de calor en proximidad a, pero sin tocar, la superficie del conducto, teniendo dichos elementos de placa un perfil que corresponde respectivamente a los dos lados del conducto de transferencia de calor de manera que se definen regiones de flujo de fluido con forma generalmente anular que tienen aberturas aguas arriba y aguas abajo alrededor de dichos conductos de transferencia de calor, estando unidos (622) dichos elementos de placa a otros elementos de placa asociados con conductos de transferencia de calor adyacentes.
- 5 13. Método para mejorar la transferencia de calor hacia o desde un fluido (130) que fluye transversalmente en contacto con superficies exteriores de una pluralidad de conductos (112) de intercambio de calor que comprende la etapa de perfilar preferiblemente flujo de fluido transversal a través de los conductos de intercambio de calor haciendo fluir el fluido a través de al menos un conjunto apareado de elementos (124, 126) de estrechamiento de flujo de fluido en una estructura (120) de desviación con forma de manguito, longitudinalmente continua, asociada con un conducto de intercambio de calor, siendo dicha estructura de desviación parte de un arreglo de tales estructuras de desviación, caracterizado porque cada estructura de desviación rodea de manera sustancialmente simétrica a su conducto de intercambio de calor asociado para aislar flujo de fluido transversal alrededor de ese conducto de intercambio de calor asociado de flujo de fluido transversal alrededor de conductos de intercambio de calor adyacentes situados transversalmente a la dirección de flujo de fluido, en el que los elementos (124, 126) de estrechamiento de flujo de fluido de cada estructura de desviación constituyen el único paso de fluido de aguas arriba a aguas abajo a través del arreglo de estructuras de desviación y están situados simétricamente aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, de la superficie de intercambio de calor asociada, en alineación aguas arriba y aguas abajo al menos parcial entre sí y con el conducto (112) de intercambio de calor asociado, y mediante lo cual cada estructura de desviación perfila la trayectoria de flujo de dicho fluido alrededor del perfil del conducto de intercambio de calor asociado.
- 10 14. Método según la reivindicación 13, en el que al menos dos de dichas estructuras (120) de desviación están interconectadas en un aparato (122) de perfilado de flujo mayor para perfilar flujo de fluido alrededor de una pluralidad de conductos (112) de intercambio de calor.
- 15 15. Método según la reivindicación 13, en el que dichos conductos (112) de intercambio de calor comprenden al menos un arreglo generalmente circular de conductos de intercambio de calor cilíndricos alineados axialmente, al menos algunos de los cuales están sustancialmente rodeados por una estructura con forma de manguito con aberturas sustancialmente concéntrica que tiene pares (184, 176; 174, 186) de aberturas aguas arriba y aguas abajo en columnas paralelas al eje del conducto asociado, en el que además la estructura (120) con forma de manguito está fijada por un elemento (122) de placa a una estructura con forma de manguito adyacente para formar una estructura cilíndrica mayor.
- 20 16. Método según la reivindicación 15, en el que los pares (184, 176; 174, 186) de aberturas comprenden ranuras alargadas, teniendo cada ranura un eje largo generalmente paralelo a los ejes de los conductos de intercambio de calor.
- 25 17. Método según la reivindicación 16, en el que un conducto de intercambio de calor está asociado con dos pares de ranuras (184, 176; 174, 186) alargadas, estando cada par desplazado ( $\theta$ ) de la alineación radial con el eje de la estructura cilíndrica mayor.
- 30 18. Método según la reivindicación 15 ó 16, en el que dichos conductos de intercambio de calor comprenden al menos dos arreglos generalmente circulares de conductos (112, 142) de intercambio de calor cilíndricos orientados para tener ejes paralelos, siendo un arreglo concéntrico con respecto al otro.
- 35 19. Método según la reivindicación 18, en el que las estructuras (120, 150) de desviación de pares adyacentes de conductos (112, 142) de intercambio de calor alineados radialmente están interconectadas de tal manera que una abertura (164) entre las estructuras de desviación sirve como el elemento de estrechamiento de flujo de fluido aguas abajo para uno de los conductos y el elemento de estrechamiento de flujo de fluido aguas arriba para el otro.
- 40 20. Método según la reivindicación 13 ó 14, en el que la estructura de desviación asociada con un conducto (216) de intercambio de calor comprende un conjunto de elementos (220, 224, 226) de placa sustancialmente planos colocados de dos en dos a lo largo de dos lados de un conducto de intercambio de calor en proximidad a, pero sin tocar, la superficie, estando orientados los planos de dichos elementos de placa de manera generalmente orthogonal a la trayectoria de fluido del fluido (232, 234, 236) de proceso, de manera que se definen regiones de flujo de fluido con forma generalmente anular que tienen pares de aberturas aguas arriba y aguas abajo alrededor de dichos conductos de intercambio de calor.
- 45 21. Método según la reivindicación 13 ó 14, en el que la estructura de desviación asociada con un conducto de intercambio de calor comprende elementos (620) de placa perfilados colocados de dos en dos a lo largo de dos lados del conducto (612) de intercambio de calor en proximidad a, pero sin tocar, la superficie, teniendo dichos elementos de placa un perfil correspondiente respectivamente a los dos lados del conducto de intercambio de calor de manera que se definen regiones de flujo de fluido con forma generalmente anular que tienen aberturas aguas arriba y aguas abajo alrededor de dichos conductos de intercambio de calor, estando unidos (622) dichos elementos de placa a otros elementos de placa asociados con conductos de intercambio de calor adyacentes.
- 50 22. Intercambiador de calor que comprende el aparato de perfilado de flujo de fluido según cualquiera de las reivindicaciones 1-12.

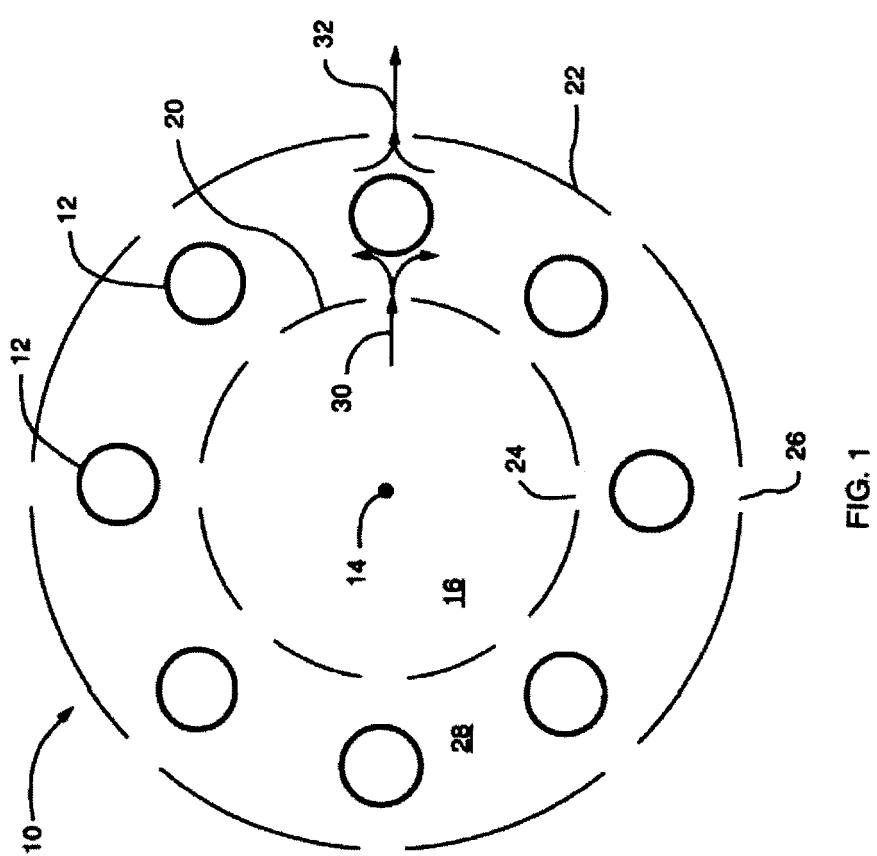


FIG. 1

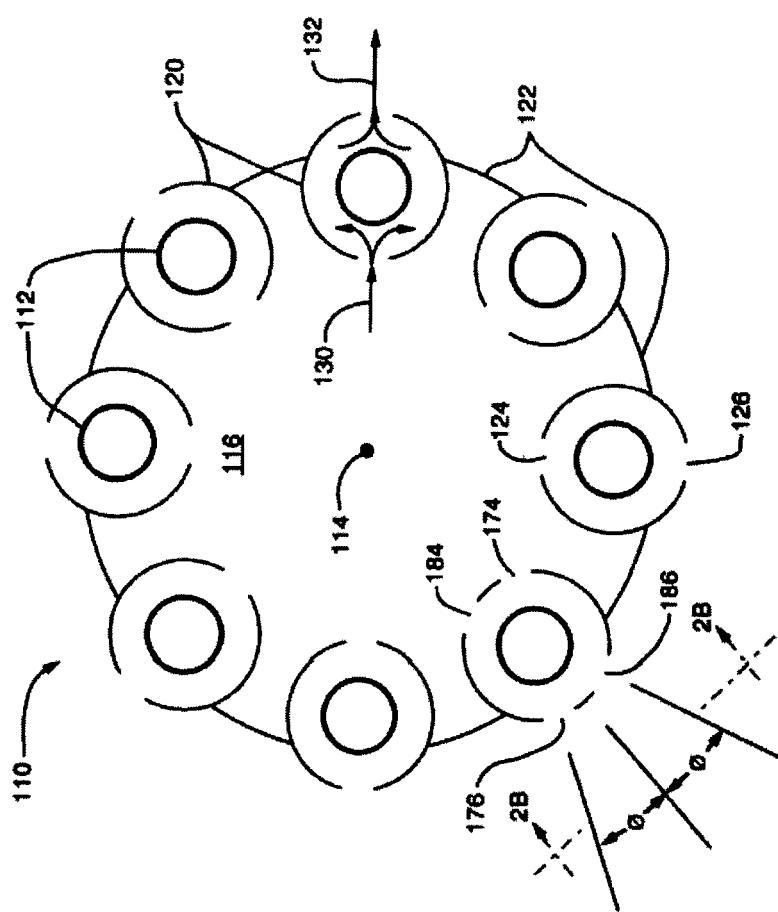


FIG. 2A

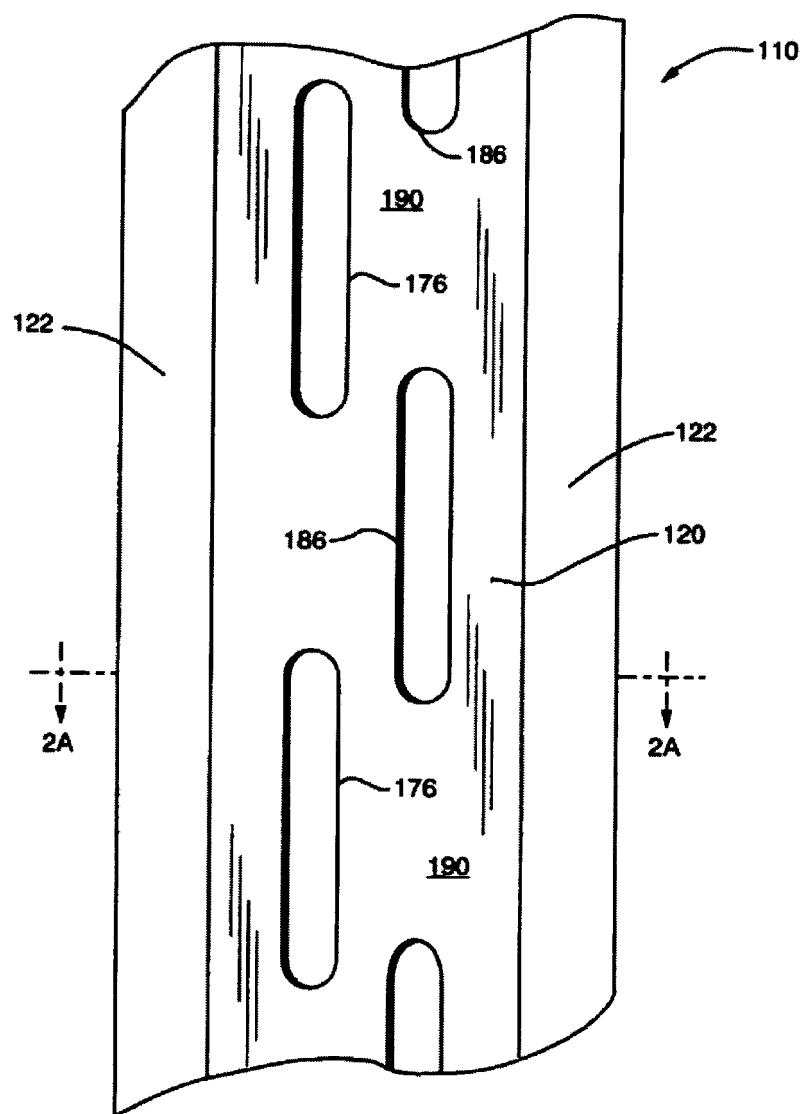


FIG. 2B

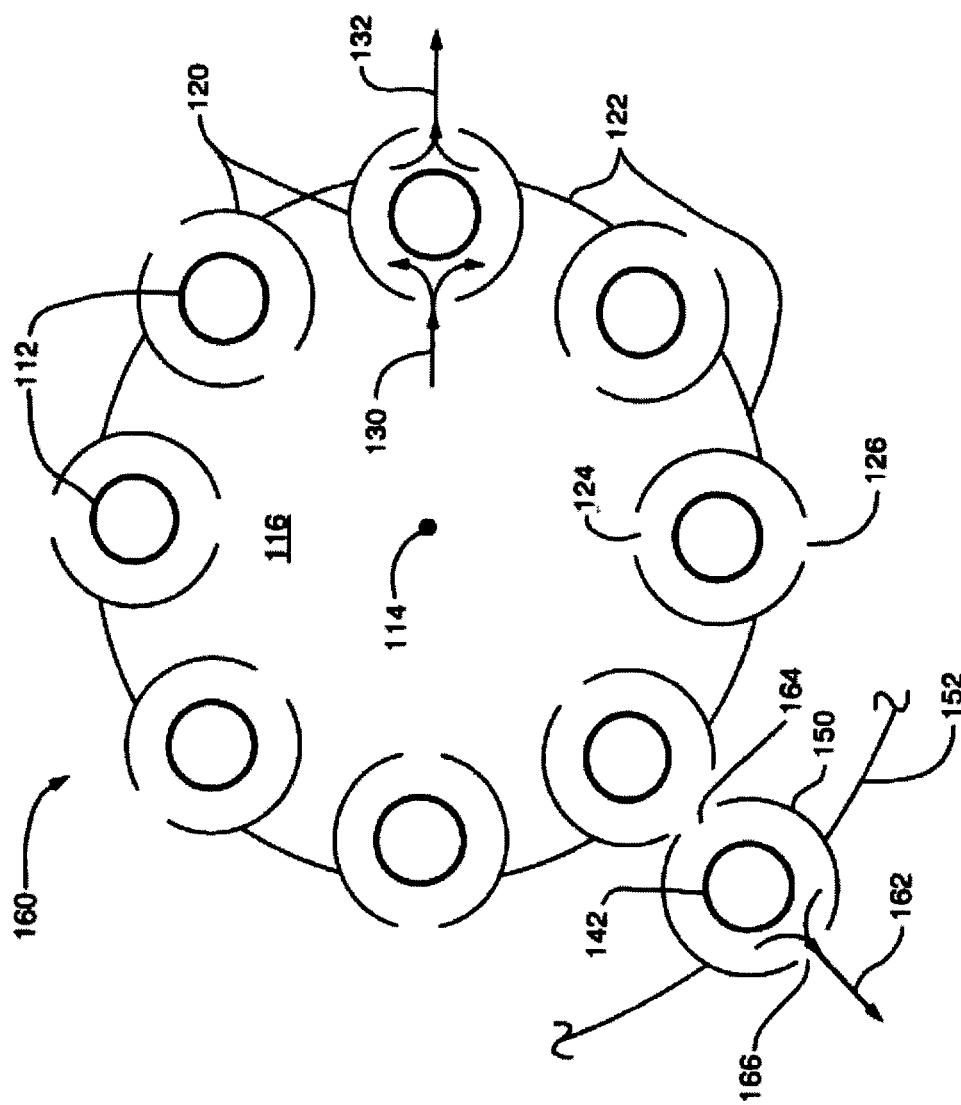


FIG. 3

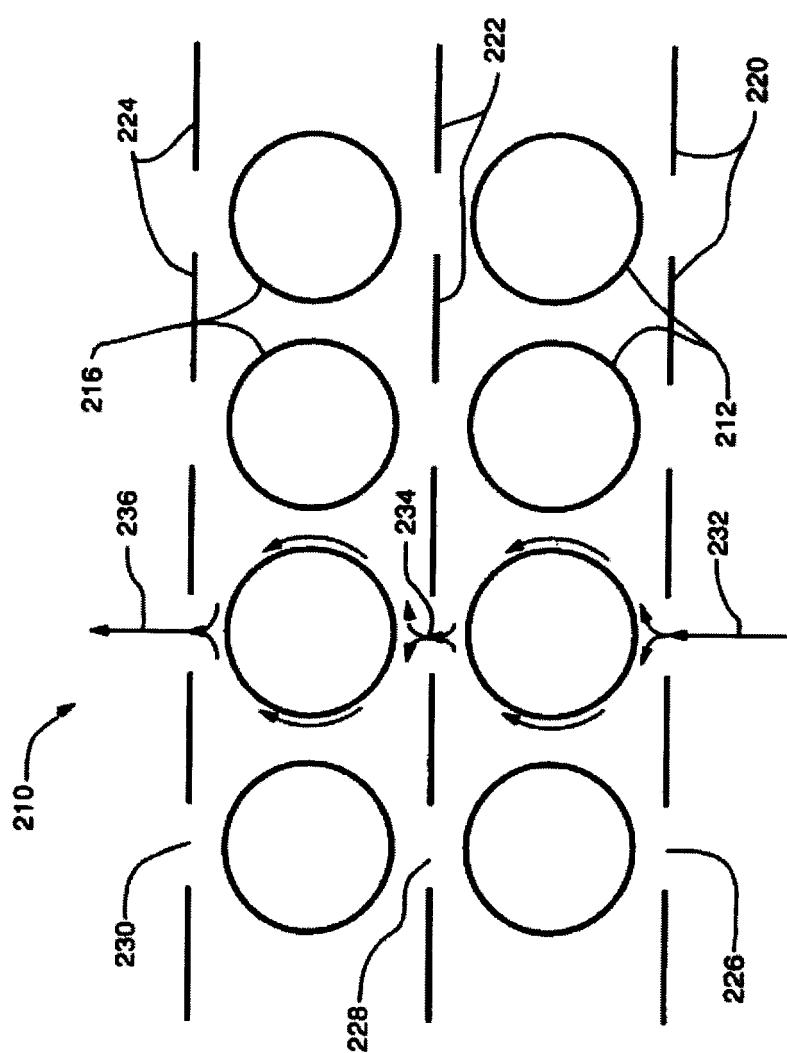


FIG. 4

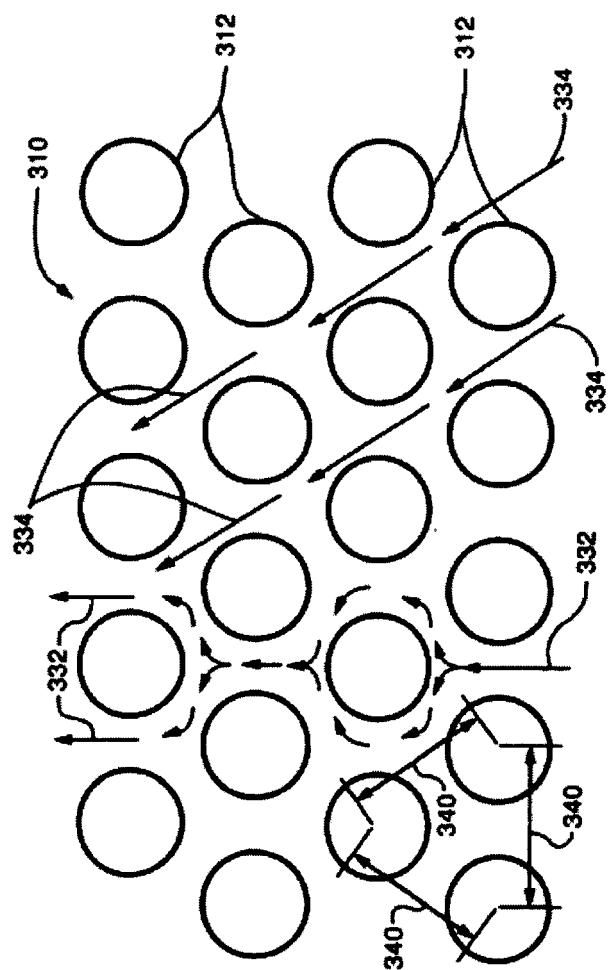


FIG. 5

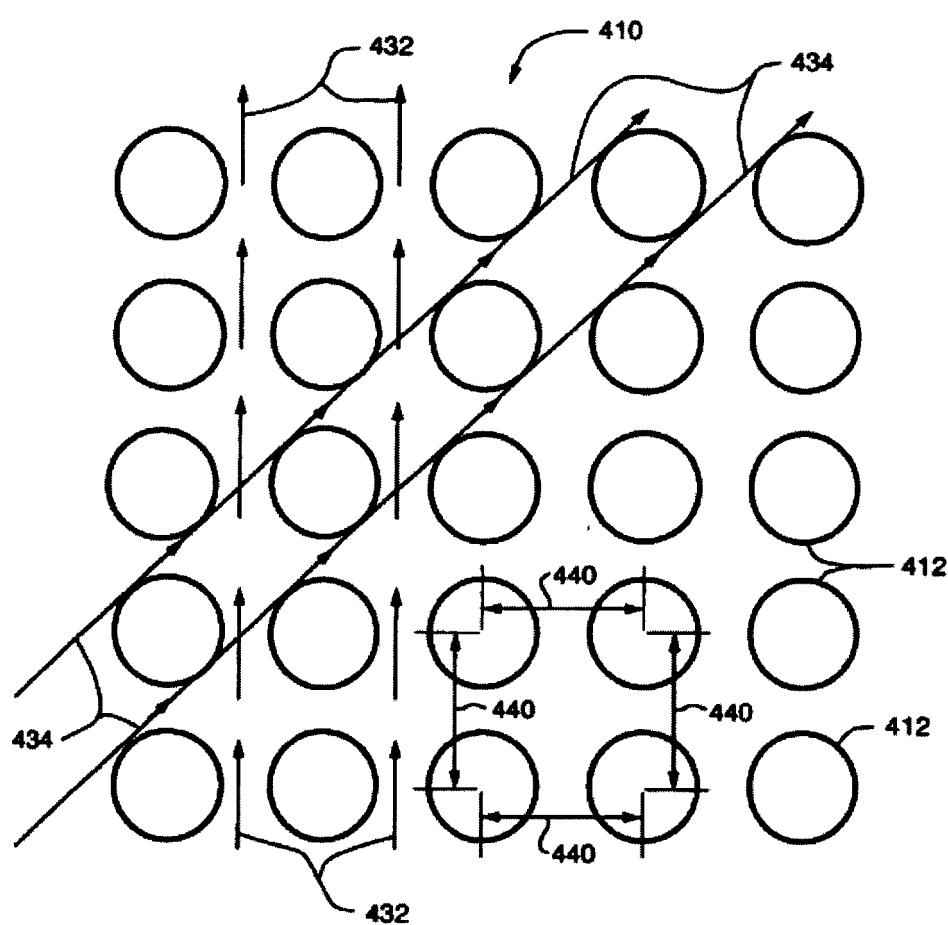


FIG. 6

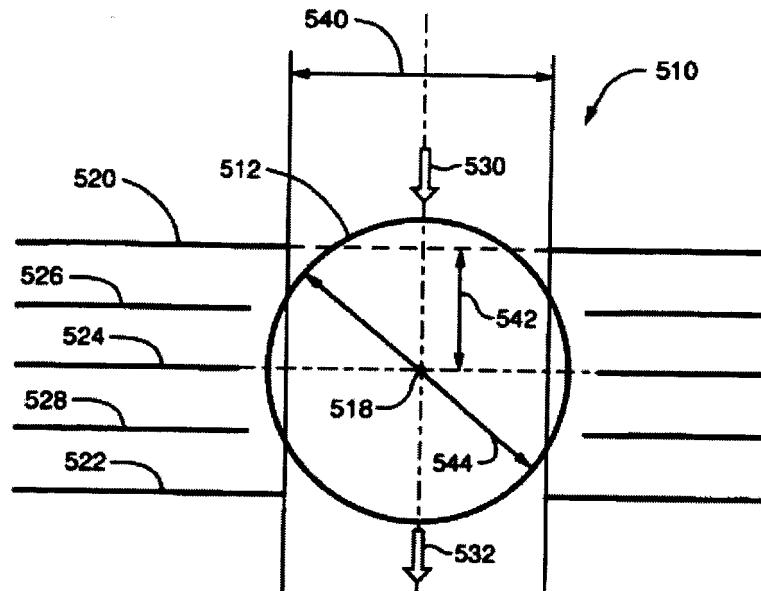


FIG. 7

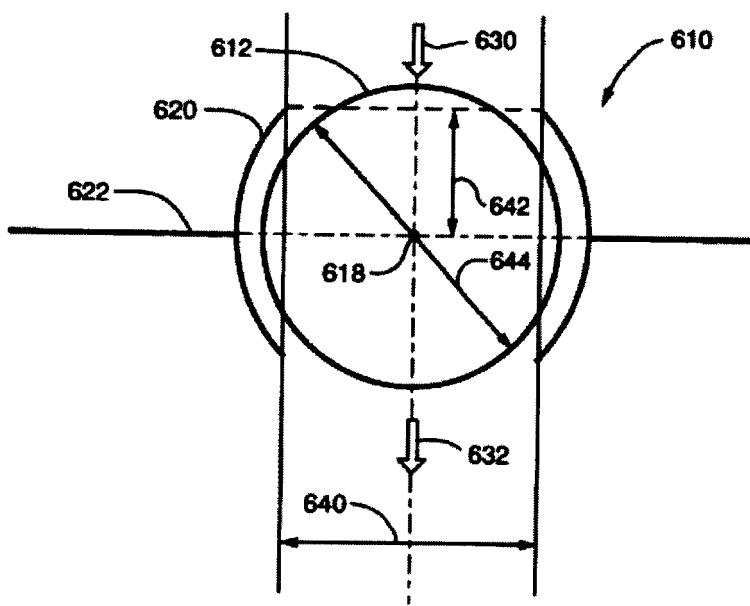


FIG. 8