

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 767**

51 Int. Cl.:

**F28F 13/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2007 E 07119401 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2053334**

54 Título: **Sistema de mejora de la transferencia de calor y procedimiento de fabricación de un dispositivo de transferencia de calor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.01.2014**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**BUNKER, RONALD SCOTT y  
HASZ, WAYNE CHARLES**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 436 767 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de mejora de la transferencia de calor y procedimiento de fabricación de un dispositivo de transferencia de calor

5 La invención se refiere, en general, a un vaporizador de bastidor abierto y un procedimiento de fabricación de tal vaporizador de bastidor abierto.

10 Un dispositivo de transferencia de calor, tal como un intercambiador de calor, es un dispositivo que transmite energía térmica entre un fluido caliente y un fluido frío. El calor fluye desde el fluido caliente al fluido frío en el dispositivo de transferencia de calor a través de una pluralidad de superficies de transferencia de calor tales como tubos o paneles. Los intercambiadores de calor se pueden clasificar en diferentes tipos tales como de tipo de flujo paralelo, tipo de contraflujo, tipo de flujo transversal, tipo de una sola pasada, o tipo de múltiples pasadas. Los intercambiadores de calor utilizados en plantas de procesamiento de fluidos, por ejemplo vaporizadores de gas natural líquido o licuadores de gas natural, se basan en varias técnicas convencionales de transferencia de calor para mejorar la eficacia térmica o para mejorar otras características de transferencia de calor entre un lado del fluido de proceso (por ejemplo, gas natural líquido) y una fuente de calor o un lado de disipador de calor del intercambiador de calor.

15 Una técnica convencional para mejorar la eficacia térmica consiste en aumentar el área superficial de las superficies de transferencia de calor. Un aumento en el área superficial se puede lograr proporcionando una pluralidad de aletas, salientes, o rebajes por ejemplo, a las superficies de transferencia de calor, lo que lleva a un aumento en el flujo total de calor por unidad de área (área de superficie de base) del dispositivo de transferencia de calor que da como resultado una disminución en el tamaño y el costo del dispositivo de transferencia de calor o un aumento en la capacidad total del dispositivo.

20 Otra técnica convencional para mejorar la eficacia térmica es aumentar el coeficiente de transferencia de calor proporcionando turbuladores o deflectores de flujo a las superficies de transferencia de calor. Sin embargo, el suministro de turbuladores o deflectores de flujo da como resultado mayores pérdidas de presión en el dispositivo de transferencia de calor.

25 En consecuencia, hay necesidad de un sistema y un procedimiento para aumentar la eficacia térmica en un vaporizador de bastidor abierto al tiempo que se mantiene un tamaño compacto y pérdidas de presión aceptables.

**Breve descripción**

Se proporciona un vaporizador de bastidor abierto tal como se define en la reivindicación 1 y un procedimiento de fabricación de un vaporizador de bastidor abierto tal como se define en la reivindicación 7.

30 **Dibujos**

Los aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada, proporcionada a modo de ejemplo solamente, se lea con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los números idénticos representan piezas idénticas a lo largo de todos los dibujos, en los que:

35 La figura 1 es una vista esquemática de un sistema vaporizador de bastidor abierto que tiene un dispositivo de transferencia de calor, por ejemplo un intercambiador de calor de gas natural líquido, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

La figura. 2 es una vista en perspectiva de un tubo intercambiador de calor que tiene un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con los aspectos de la realización de la figura 1;

40 La figura 3 es una vista esquemática de un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

La figura 4 es una vista esquemática de un vaporizador de bastidor abierto que tiene un dispositivo de transferencia de calor provisto de una pluralidad de aletas que tiene un sistema de mejora de la transferencia de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

45 La figura 5 es una vista en perspectiva de un dispositivo de transferencia de calor que tiene un panel corrugado provisto de un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

La figura 6 es una vista esquemática de un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

50 La figura 7 es una vista esquemática de un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

La figura 8 es una vista esquemática de un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

La figura 9 es una vista esquemática de un sistema de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

55 La figura 10 es un gráfico que representa la variación del número de Reynolds de chorro respecto de la mejora de la transferencia de calor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

La figura 11 es una vista esquemática una técnica ejemplar utilizada para proporcionar un sistema de

mejora de la transferencia de calor a un dispositivo de transferencia de calor, por ejemplo un intercambiador de calor, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención, y  
 La figura 12 es una vista esquemática de una técnica ejemplar utilizada para proporcionar un sistema de mejora de la transferencia de calor a un dispositivo de transferencia de calor, por ejemplo, un enfriador intermedio, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

**Descripción detallada**

Como se discute en detalle a continuación, las realizaciones de la presente invención proporcionan un dispositivo de transferencia de calor que tiene una pluralidad de paredes de transferencia de calor diseñadas para separar un primer fluido y un segundo fluido. Un sistema ejemplar de mejora de la transferencia de calor de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente invención está dispuesto en una o más paredes de transferencia de calor. El sistema de mejora de la transferencia de calor incluye una pluralidad de partículas de microturbulencias unidas a una o más paredes de transferencia de calor usando un medio de unión. Las partículas de microturbulencias pueden incluir partículas de forma esférica, o partículas de diferentes formas dependiendo de la necesidad. Se usan técnicas ejemplares de acuerdo con las realizaciones de la presente invención para unir las partículas de microturbulencias de manera aleatoria a según un patrón predeterminado a las superficies de transferencia de calor. El sistema de mejora de la transferencia de calor utiliza partículas de microturbulencias para mejorar la eficacia térmica de las superficies de transferencia de calor: tal como por ejemplo, una pluralidad de tubos o paneles en un intercambiador de calor de gas natural líquido. El tamaño, densidad de distribución, espaciamiento y patrón de partículas puede variar para lograr la mejora térmica deseada. La "densidad de distribución de partículas de microturbulencias" puede denominarse como el aumento medio en el área superficial humedecida debido a las partículas de microturbulencias. En un ejemplo, un aumento medio es del 50 %. Las partículas de microturbulencias actúan para mejorar la transferencia de calor entre el primer fluido y el segundo fluido a través de las paredes de transferencia de calor. La pérdida de presión adicional en el dispositivo de transferencia de calor es mínima. Realizaciones específicas de la presente invención se discuten a continuación en general referente a las figuras 1-12.

Refiriéndonos a la figura 1, un sistema 10 ejemplar (por ejemplo, un sistema de de gas natural líquido (GNL)) se ilustra de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. En la realización ilustrada, el sistema 10 es un sistema de vaporizador de bastidor abierto. El sistema ilustrado 10 incluye una bomba de GNL 12 acoplada a un tanque de GNL 14. La bomba de GNL 12 está también acoplada a través de una tubería 16 a un panel (intercambiador de calor) 18.

El panel 18 incluye una pluralidad de tubos de transferencia de calor 20 dispuestos los unos cerca de los otros. La bomba de GNL 12 está configurado para suministrar un primer fluido o un líquido de proceso 19 (es decir, gas natural líquido) desde el tanque de GNL 14 al panel 18 a través de la tubería 16. Una válvula 22 es proporcionada al tubo 16 y está configurada para controlar la cantidad de gas natural líquido que fluye a través de la tubería 16. El sistema 10 incluye, además, otra bomba 24 acoplada a un tanque de admisión 26. La bomba 24 está acoplada también, a un colector 28 a través de la tubería 30. La bomba 24 está configurada para suministrar un segundo líquido (es decir, agua de mar) 32 desde el depósito de admisión 26 al colector 28 a través de la tubería 30. El colector 28 se proporciona para pulverizar agua de mar 32 desde la pluralidad de tubos 20 del panel 18. Agua de mar caliente fluye a lo largo de las superficies externas de los tubos 20, al tiempo que el gas natural líquido fluye a través de los tubos 20 y se evapora.

El panel 18 incluye un lado de entrada 34 configurado para admitir gas natural líquido 19 y un lado de salida 36 configurado para descargar el gas natural a través de una tubería de alimentación 38. El lado de entrada 34 incluye una zona de vaporización 40 y el lado de salida 36 incluye una zona de calentamiento 42. El sistema 10 ejemplar utiliza agua de mar 32 a presión atmosférica como la fuente de calentamiento para calentar o vaporizar fluidos de baja temperatura (gas natural líquido) en gases a temperaturas atmosféricas. El gas natural líquido se vaporiza usando agua de mar en la zona de vaporización 40 del panel 18. El gas natural vaporizado se calienta a adicionalmente a continuación a una temperatura superior en la zona de calentamiento 42 antes de la descarga a través de la tubería de alimentación 38. En algunas realizaciones ejemplares, una aleación de aluminio-zinc se pulveriza en caliente en el panel 18 para proteger el panel 18 contra la corrosión por agua de mar 32. Se proporciona un sistema de mejora de la transferencia de calor 44 de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente invención para una pluralidad de paredes de transferencia de calor 46 de la pluralidad de tubos 20 del panel 18. En algunas realizaciones ejemplares, el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 incluye una pluralidad de partículas metálicas de microturbulencia unidas a una o más paredes de transferencia de calor 46 de los 20 tubos utilizando un medio de unión. De acuerdo con las realizaciones ejemplares, una "partícula de microturbulencia" puede denominarse como una sola partícula de microturbulencia o una aglomeración de una o más partículas individuales en una partícula compleja de microturbulencia que no permite que el flujo de líquido penetre en la aglomeración. Cabe resaltar también que "dimensión de partícula de microturbulencia" puede denominarse como la altura o diámetro medio de una partícula individual o aglomerada de microturbulencia. La "separación de partículas" puede denominarse como la distancia regional o local media del centro de partícula adyacente, expresada como una relación proporción de la dimensión de partícula.

En realizaciones alternativas ejemplares, el panel 18 puede incluir una pluralidad de paneles dispuestos en matrices paralelas. El agua de mar caliente fluye a lo largo de las superficies externas de los paneles, al tiempo que el gas

natural líquido fluye a través de los paneles y se evapora. Aunque se ilustra el vaporizador de GNL, en algunas otras realizaciones ejemplares, el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 puede también ser aplicable a los licuadores, enfriadores intermedios, dispositivos de gestión térmica eléctricos y electrónicos, o similares donde se requieren tasas mejoradas de transferencia de calor. Del mismo modo, en algunas otras realizaciones ejemplares, el sistema 44 puede ser aplicable a diversos tipos de intercambiadores de calor tales como intercambiadores de calor de tipo de flujo paralelo, de tipo de contraflujo, de tipo de flujo cruzado y de tipo de flujo combinado. La turbulencia de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente invención se puede utilizar para tratar varios componentes que incluyen revestimientos de cámara de combustión, cúpulas de cámara de combustión, álabes o palas, o carenados de turbinas de gas. Las técnicas de turbulencia ejemplares también pueden utilizarse para tratar áreas de control de huelgo de carenado que incluyen rebordes, carcasas y anillos.

Las partículas de microturbulencias incrementan el área superficial y el coeficiente de transferencia de calor de las paredes de transferencia de calor 46 que dan como resultado mayores tasas de transferencia de calor y pérdidas reducidas de presión relativa en comparación con otros procedimientos de incremento. El procesamiento de las paredes de transferencia de calor puede personalizarse en función de la exigencia y los diferentes niveles de mejora térmica deseada. Realizaciones específicas de la presente invención se discuten a continuación en general con referencia a las figuras. 1-12.

Con referencia a la figura 2, se ilustra el tubo de transferencia de calor 20 de acuerdo con los aspectos de la figura 1. En la realización ilustrada, el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 es proporcionado a una superficie exterior 41 y una superficie interior 43 de la pared de transferencia de calor 46 del tubo 20. Como se ha descrito previamente, el sistema 44 incluye una pluralidad de partículas de microturbulencias unidas a las superficies 41, 43 del tubo 20 utilizando un medio de unión. En algunas realizaciones ejemplares, la pluralidad de partículas de microturbulencias puede incluir níquel, cobalto, aluminio, silicio o hierro, o aleaciones de los mismos, o una combinación que incluye cualquiera de los anteriores. El medio de unión puede incluir un material epoxídico, o chapa metálica, o de soldadura blanda, o de soldadura fuerte o material para soldar, o una combinación de los mismos. Cabe señalar que la lista de materiales de las partículas de microturbulencias y el medio de unión mencionados anteriormente no es exhaustiva y que se prevén otros materiales metálicos o aleaciones metálicas adecuados para la mejorar de las características de transferencia de calor. La cantidad y tipo de aglutinante asegura en general una fuerza adhesiva suficiente de las partículas de microturbulencias a la pared de transferencia de calor en el sistema 44.

En la realización ilustrada, las partículas de microturbulencia se aplican de manera aleatoria a las superficies 41, 43 del tubo 20. En algunas otras realizaciones, las partículas de microturbulencias pueden estar provistas de manera aleatoria o parcialmente a las paredes de transferencia de calor de la zona de vaporización y la zona de calentamiento del panel. En algunas otras realizaciones, las partículas de microturbulencias están unidas a una o más paredes de manera uniforme de los tubos de transferencia de calor 20. En algunas otras realizaciones, las partículas de microturbulencias están unidas según un patrón predeterminado a una o más paredes de transferencia de calor de los tubos 20. El suministro de las partículas de microturbulencias se puede variar en diferentes zonas del intercambiador de calor en función del potencial térmico de las zonas. De acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente invención, el aumento de la transferencia de calor es en gran parte debido al aumento de del área superficial con micro turbulencia del tubo. Las partículas de microturbulencias también pueden aumentar la transferencia de calor modificando las características del flujo de fluido tales como del flujo laminar al flujo turbulento a lo largo de la superficie de transferencia de calor. Cabe indicar que el flujo de fluido a lo largo de la superficie de transferencia de calor que tiene características de transferencia de calor mejoradas puede incluir el flujo de fluido de tipo canal y el flujo de fluido de tipo incidente.

Con referencia a la figura 3 se ilustra el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. El sistema 44 incluye una pluralidad de protuberancias 48 dispuestas según un patrón predeterminado en una pared de transferencia de calor 46 del tubo de transferencia de calor. La pluralidad de protuberancias juntas define "turbulencia", la cual parece una superficie rugosa que es eficaz para aumentar la transferencia de calor a través de la pared de transferencia de calor 46. A pesar de que las protuberancias se muestran en forma aproximadamente esférica, se pueden prever otras formas también para satisfacer las características deseadas de rugosidad y de área superficial y de este modo obtener una mejora deseada de la transferencia de calor. En la realización ilustrada, las protuberancias 48 están previstas a lo largo de tres filas 50, 52, 54 y cuatro columnas 56, 58, 60, y 62 a la pared de transferencia de calor 46. En algunas realizaciones ejemplares, la altura "h" de cada protuberancia 48 es de 0,022 cm. Cabe señalar que el valor de la altura "h" no ha de interpretarse como un valor límite y puede variar en función del requisito de la transferencia de calor. Cada protuberancia 48 incluye uno o más partículas de microturbulencias compactadas. Las protuberancias 48 están unidas a la superficie de transferencia de calor 46 mediante el medio de unión. Cabe señalare de nuevo que el ejemplo ilustrado es meramente un realización ejemplar y que la dimensión de partícula, la forma de realización, la densidad de la distribución, el espacio y el patrón se pueden variar para lograr la mejora térmica deseada. La dimensión de las partículas se determina basándose en el grado deseado de rugosidad de superficie y el área superficial será proporcionada por las protuberancias. Las partículas de microturbulencias facilitarían la mejora de la transferencia de calor entre el primer fluido y el segundo fluido a través de la pared de transferencia de calor 46. La pérdida de presión adicional en el dispositivo de transferencia de calor es mínima respecto de lo que

ocurre sin el sistema 44.

De acuerdo con las realizaciones ejemplares, el patrón puede incluir límites predeterminados en la relación de dimensión/espacio de las partículas de microturbulencias aplicadas a la pared de transferencia de calor 46. En algunas realizaciones ejemplares, si la altura media de la partícula de microturbulencia se caracteriza como "H", y el diámetro medio de partícula de microturbulencia se caracterizado como "D ", a continuación el espacio entre las partículas de microturbulencias mutuamente adyacentes pueden encontrarse en el intervalo de 2 a 8 veces el diámetro medio (D). En algunos ejemplos, la altura (H) de partícula de microturbulencia puede encontrarse en el intervalo de 1 a 6 veces el diámetro medio (D) de la partícula de microturbulencia.

Con referencia a la figura. 4, se ilustra una realización ejemplar de un tubo de transferencia de calor extruido 64 del vaporizador de bastidor abierto. En la realización ilustrada, el tubo de transferencia de calor 64 es un tubo extruido que tiene una pluralidad de aletas 66 proporcionadas sobre una superficie exterior 68 de una pared de transferencia de calor 70. Las aletas 66 pueden incluir aletas de tipo macizo, o aletas de tipo perforado o aletas de tipo dentado, o una combinación de las mismas. Un sistema de mejora de la transferencia de calor ejemplar 44 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención se dispone en la pluralidad de aletas 66 previstas en la superficie exterior 68 de la pared de transferencia de calor 70. El sistema de mejora de la transferencia de calor 44 incluye una pluralidad de partículas de microturbulencias unidas a la pluralidad de aletas 66 usando el medio de unión. Las partículas de microturbulencias y el medio de unión se aplican a las aletas 66 usando técnicas tales como pulverización o pintura en suspensión. En algunos casos, el aglutinante puede madurar térmicamente para realizar la resistencia de adherencia (por ejemplo, soldadura blanda, soldadura fuerte). Las partículas de microturbulencias aumentan el área superficial de microturbulencia y coeficiente de transferencia de calor de la pared de transferencia de calor 70, lo cual da como resultado una mejora de las tasas de transferencia de calor y pérdidas reducidas de presión relativa.

La figura 5 es una vista en perspectiva de un dispositivo de transferencia de calor 76 (intercambiador de calor), de acuerdo con otros aspectos de la presente invención. El dispositivo de transferencia de calor 76 incluye un panel corrugado 78 en el que el fluido de proceso y el fluido de calentamiento/enfriamiento fluye en canales alternos 80, 82, respectivamente. Se proporciona el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 ejemplar de acuerdo con aspectos de la presente invención, e incluye una pluralidad de partículas de microturbulencias 79 unidas a uno o ambos lados del panel corrugado 78 utilizando el medio de unión. Las partículas de microturbulencias 79 y el medio de unión se aplican al panel corrugado 78, utilizando técnicas tales como el recubrimiento por pulverización, o por suspensión, o por rodillo, o una combinación de los mismos, y a continuación se tratan con calor para realizar el curado. Las partículas de microturbulencias 79 aumentan el área superficial de microturbulencia y el coeficiente de transferencia de calor del panel ondulado 78 que da como resultado tasas de transferencia de calor mejorada y pérdidas reducidas de presión relativa. Una vez más, cabe señalar que el ejemplo ilustrado es meramente una realización ejemplar y que la dimensión de partícula, la separación y el patrón se pueden variar para lograr la mejora térmica deseada.

Con referencia a la figura 6, se ilustra el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. En la realización ilustrada, se indica la gestión de flujo de fluido de proceso y/o el fluido de calentamiento/enfriamiento con la flecha 81 respecto de una placa plana de transferencia de calor 83. La placa de transferencia de calor 83 incluye una región de entrada 85, una región intermedia 89, y una región de salida 93.

El sistema 44 incluye la pluralidad de partículas de microturbulencias 79 unidas a un lado o ambos lados de la placa de transferencia de calor 83 utilizando el medio de unión. En la realización ilustrada, la distribución de partículas de microturbulencias se concentra en la región de entrada 85 y la región intermedia 89. La región de salida 93 de la placa 83 se mantiene lisa. Las partículas de micro turbulencia 79 están compactadas juntas en la región de entrada 85 con lo que el espacio entre las partículas de microturbulencias es mayor en la región intermedia 89. Las partículas de microturbulencias 79 incrementan el área superficial de microturbulencia y el coeficiente de transferencia de calor de la placa de transferencia de calor 83 lo que da como resultado tasas de transferencia de calor mejoradas y pérdidas reducidas de presión relativa.

Con referencia a la figura 7 se ilustra el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. Como se ha discutido en la realización anterior, la placa de transferencia de calor 83 incluye la región de entrada 85, la región intermedia 89, y la región de salida 93. El sistema 44 incluye la pluralidad de partículas de microturbulencias 79 unidas a un lado o ambos lados de la placa de transferencia de calor 83 usando el medio de unión. En la realización ilustrada, la distribución de partículas de micro turbulencia se concentra en la región de entrada 85 y la región intermedia 89. La región de salida 93 de la placa 83 se mantiene lisa. En la realización ilustrada, la dimensión de partículas de microturbulencias 79 en la región de entrada 85 es mayor que la dimensión de las partículas en la región intermedia 89.

Con referencia a la figura 8 se ilustra el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. En la realización ilustrada, la placa de transferencia de calor 83 incluye la región de entrada 85, la región intermedia 89, y la región de salida 93. El sistema 44 incluye la pluralidad de partículas de microturbulencias 79 unidas a un lado o ambos lados de la placa de transferencia de calor 83

usando el medio de unión. En la realización ilustrada, la distribución de partículas de microturbulencia está concentrada en la región de entrada 85 y la región de salida 93. La región intermedia 87 se mantiene lisa. En la realización ilustrada, la dimensión de partículas de microturbulencias 79 en la región de entrada 85 es mayor que la dimensión de partículas en la región de salida 93. La densidad de distribución de partículas en la región de salida 93 es mayor que la densidad de distribución en la región de entrada 85 (es decir, las partículas de microturbulencias 79 están se compactan en la región de salida 93 con lo que la separación entre las partículas de microturbulencia en la región de entrada 85 es mayor). La densidad de distribución de partículas se caracteriza también por la formación de partículas, o las dimensiones de aglomeración, o la dimensión, o una combinación de los mismos y la creación de área superficial humedecida/turbulencia de flujo.

Con referencia a la figura 9, se ilustra el sistema de mejora de la transferencia de calor 44 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. En la realización ilustrada, la placa de transferencia de calor 83 incluye una superficie superior 95, una región intermedia 97, y una región inferior 99. El sistema 44 incluye la pluralidad de partículas de microturbulencias 79 unidas a un lado o ambos lados de la placa de transferencia de calor 83 usando el medio de unión. En la realización ilustrada, la distribución de partículas de microturbulencias se concentra en la región superior 85 y la región inferior 99. La región intermedia 97 se mantiene lisa. En la realización ilustrada, la dimensión de partículas de microturbulencias 79 en la región de entrada 85 es mayor que la dimensión de partículas en la región de salida 93. Cabe señalar que en la realización ilustrada y las realizaciones anteriores, aunque se ilustra la placa de transferencia de calor en forma plana 83, el sistema 44 es también adecuado para otras superficies que incluyen intersecciones tridimensionales, curvas, cóncavas, convexas, curvadas múltiples, o una combinación de las mismas. Cabe señalar que las realizaciones descritas anteriormente se pueden seleccionar en función del tipo de dispositivo de transferencia de calor utilizado y también la distribución termodinámica.

Con referencia a la figura 10, se ilustra un gráfico que representa la variación de número de Reynolds de chorro fluido (eje x) frente a la mejora de la transferencia de calor (eje y) para hacer incidir el flujo de fluido de tipo incidente de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. Como es conocido por el experto en la técnica, el número de Reynolds es la relación entre la fuerza inercial y la fuerza viscosa y se utiliza para determinar si un flujo será laminar o turbulento. La mejora de la transferencia de calor es la relación entre el coeficiente de transferencia de calor para una superficie de microturbulencia y el coeficiente de transferencia de calor para una superficie lisa.

El gráfico ilustrado muestra la variación del número de Reynolds de chorro frente a la mejora de la transferencia de calor para dos paredes de transferencia de calor que tienen diferentes rugosidades superficiales. La curva 84 representa la variación del número de Reynolds de chorro frente a la mejora de la transferencia de calor para una pared de transferencia de calor que tiene una rugosidad superficial media (Ra) igual a 0,00088 cm. La curva 86 representa la variación del número de Reynolds de chorro frente a la mejora de la transferencia de calor de una pared de transferencia de calor que tiene una rugosidad superficial media (Ra) igual a 0,00355 cm. Se puede observar que las tasas de transferencia de calor a través de las paredes de transferencia de calor aumentan con el aumento de la rugosidad superficial media. El gráfico ilustrado es meramente una realización ejemplar y la variación del número de Reynolds de chorro frente a la mejora de la transferencia de calor puede variar en función de la dimensión de partícula, la separación y el patrón aplicados para lograr la mejora térmica deseada. En algunas realizaciones ejemplares, los valores de rugosidad superficial media son típicamente de 7 a 12 veces menores que la dimensión de partícula real para superficies aleatorias, y dependen de la separación de partículas para superficies no aleatorias.

Con referencia a la figura. 11, se ilustra una técnica ejemplar utilizada para proporcionar un sistema de mejora de la transferencia de calor a un dispositivo de transferencia de calor, por ejemplo un intercambiador de calor, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. La técnica ilustrada ejemplar implica la pulverización de un medio de unión a un tubo de transferencia de calor 88 de un intercambiador de calor. El medio de unión puede incluir material epoxídico, o de chapa metálica, o de soldadura blanda, o de soldadura fuerte, o material para soldar, o una combinación de los mismos. Las partículas de microturbulencias 87 se espolvorean sobre el medio de unión aplicado al tubo de transferencia de calor 88. Cabe señalar que también se consideran otras técnicas ejemplares para aplicar partículas de microturbulencias en el medio de unión aplicado al tubo de transferencia de calor 88. Las partículas de microturbulencias 87 están unidas de manera aleatoria o según un patrón predeterminado a la superficie de transferencia de calor del tubo de transferencia de calor 88. La pluralidad de partículas de microturbulencias puede incluir níquel, o cobalto, o, aluminio, o silicio, o hierro, o cobre, o una combinación de los mismos. La dimensión de partícula, la separación y el patrón también se pueden variar para lograr la mejora térmica deseada. En algunas realizaciones ejemplares, el tubo de transferencia de calor 88 se puede girar para aplicar partículas de microturbulencias 87 sobre el medio de unión aplicado al tubo de transferencia de calor 88. En otras realizaciones ejemplares, las partículas de microturbulencias 87 se pueden aplicar desde diferentes ángulos sobre el medio de unión aplicada al tubo de transferencia de calor 88. El tubo de transferencia de calor 88 se pasa entonces a través de un horno 90 para el tratamiento de calentamiento térmico para curar las partículas de microturbulencias 87.

La figura. 12 ilustra un ejemplo de la técnica ejemplar utilizada para proporcionar un sistema de mejora de la transferencia de calor a un dispositivo de transferencia de calor 94, por ejemplo un enfriador intermedio, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. La técnica ejemplar implica pulverizar o aplicar un medio de unión 91 tal como una película de material epoxídico de alta conductividad a una superficie de transferencia de calor

92 de un enfriador intermedio 94. Como se ha descrito en las realizaciones anteriores, una pluralidad de partículas de microturbulencias 96 se pulveriza de manera aleatoria o según un patrón predeterminado sobre el medio de unión aplicado a la superficie de transferencia de calor 92 del enfriador intermedio 94. Las partículas de microturbulencias 96 se pueden entonces por calor para el curado. En algunas otras realizaciones ejemplares, un medio de unión tal como papel de aluminio o papel de soldadura se aplica a la superficie de transferencia de calor 92 del enfriador intermedio. A continuación, la pluralidad de partículas de microturbulencias 96 se pulveriza de manera aleatoria o según un patrón predeterminado sobre la aleación de soldadura fuerte aplicada a la superficie de transferencia de calor 92. La aleación de soldadura fuerte y las partículas son luego tratadas con calor para unir las partículas a la superficie de transferencia de calor 92. En ciertas otras realizaciones ejemplares, un medio de unión tal como una aleación de soldadura fuerte puede recubrir por inmersión la superficie de transferencia de calor 92 del enfriador intermedio 94. A continuación, la pluralidad de partículas de microturbulencias 96 son pulverizadas de manera aleatoria según un patrón predeterminado sobre la aleación para soldadura fuerte aplicada a la superficie de transferencia de calor 92. La aleación de soldadura fuerte y las partículas a continuación tratadas con calor para unir las partículas a la superficie de transferencia de calor 92.

En algunas realizaciones ejemplares de la técnica ejemplar, el medio de unión y las partículas de microturbulencias se aplican simultáneamente a la superficie de transferencia de calor 92 y a continuación son tratadas con calor para unir el medio de unión y las partículas a la superficie de transferencia de calor. La aplicación del medio de unión y las partículas de microturbulencias se puede hacer por técnicas tales como pulverización, o recubrimiento con rodillo, o una combinación de las mismas. El patrón del medio de unión en la superficie de transferencia de calor se puede realizar a través de enmascaramiento estampado, o serigrafía, o impresión de bobina, una combinación de las mismas. En algunas realizaciones de modo de ejemplo, las partículas de microturbulencias se diseñan en la superficie de transferencia de calor 92 a través de una pantalla por una técnica de serigrafiado. De manera alternativa o adicional, el medio de unión se aplica a través de la pantalla a la superficie de transferencia de calor. La eliminación de la pantalla da como resultado el patrón predeterminado formado sobre la superficie de transferencia de calor. Se puede definir un patrón de acuerdo con aspectos de la presente invención como una pluralidad de "grupos" de partículas (una o más partículas), en el que los grupos están separados en general entre sí por un espaciado correspondiente a la separación de las aberturas de la pantalla. El exceso de partículas se retira dando como resultado el patrón deseado de las partículas. El medio de unión puede aplicarse utilizando pulverizadores, o cepillos, o rasqueta, o paleta, o como hojas, o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones ejemplares, las partículas de microturbulencias también pueden diseñarse en la superficie de transferencia de calor por serigrafía. El medio de unión y las partículas pueden ser curados por tratamiento de calentamiento térmico, o rayos ultravioletas, o activador de pulverización, o una combinación de los mismos. En algunas otras realizaciones ejemplares, una hoja de preturbulencia que tiene partículas de microturbulencias y un medio de unión puede estar unida a la superficie de transferencia de calor.

35

**REIVINDICACIONES**

1.- Un vaporizador de bastidor abierto que comprende un dispositivo de transferencia de calor, comprendiendo el dispositivo de transferencia de calor (18):

5 al menos una pared de transferencia de calor (46) configurada para separar gas natural líquido (19) y agua de mar (32);  
un sistema de mejora de la transferencia de calor (44) dispuesto en la al menos una pared de transferencia de calor (46), y comprendiendo una pluralidad de partículas de microturbulencias (48) aplicada a la al menos una pared de transferencia o porciones de las mismas utilizando un medio de unión, en el que al  
10 menos algunas de las partículas de microturbulencias (48) forman una o más aglomeraciones de partículas de microturbulencias (48) en el que cada una de la una o más aglomeraciones de partículas de microturbulencia (48) no permite que el flujo de fluido penetre en el interior de la aglomeración;  
en el que el sistema de mejora de la transferencia de calor (44) comprende una variación seleccionada de la dimensión de las partículas o de la densidad de distribución de las partículas o de la separación de  
15 regiones de partículas o una combinación de las mismas.

2.- El vaporizador de bastidor abierto de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de partículas de microturbulencias (48) comprende níquel, cobalto, aluminio, silicio o hierro, o cobre, o aleaciones de los mismos, o una combinación que incluye cualquiera de los anteriores.

3.- El vaporizador de bastidor abierto de la reivindicación 1, en el que el medio de unión comprende material epoxídico, o chapa metálica o de soldadura blanda, o material de soldadura fuerte, o material para soldadura, o una combinación de los mismos.  
20

4.- El vaporizador de bastidor abierto de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de partículas de microturbulencias (48) están unidas de manera aleatoria o uniforme a la al menos una pared de transferencia de calor (46) utilizando el medio de unión.

5.- El vaporizador de bastidor abierto de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de partículas de microturbulencias (48) están unidas según un patrón predeterminado a la al menos una pared de transferencia de calor (46), o porciones de la misma, utilizando el medio de unión.  
25

6.- El vaporizador de bastidor abierto (18) de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de partículas de microturbulencias (48) están unidas a una pluralidad de aletas o salientes (66) en la al menos una pared de transferencia de calor (46) usando el medio de unión.  
30

7.- Un procedimiento de fabricación de un vaporizador de bastidor abierto de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un dispositivo de transferencia de calor (18), comprendiendo el procedimiento:

proporcionar al menos una pared de transferencia de calor (46) configurada para separar gas natural líquido (19) y agua de mar (32);  
35 proporcionar un sistema de mejora de la transferencia de calor (44) a la al menos una pared de transferencia de calor (46), y que comprende unir una pluralidad de partículas de microturbulencias (48) a la al menos una pared de transferencia (46) o porciones de la misma utilizando un medio de unión, en el que al menos algunas de las partículas de microturbulencias (48) forman una o más aglomeraciones de partículas de microturbulencias (48) en el que cada una de la una o más aglomeraciones de partículas de microturbulencia (48) no permite que el flujo de fluido penetre en el interior de la aglomeración.  
40

8.- El procedimiento de la reivindicación 7, que comprende unir la pluralidad de partículas de microturbulencias (48) según un patrón predeterminado a la al menos una pared de transferencia de calor (46), o porciones de la misma, utilizando el medio de unión.

9.- El procedimiento de la reivindicación 7, que comprende unir la pluralidad de partículas de microturbulencias (48) parcialmente a la al menos una pared de transferencia de calor (46) usando el medio de unión.  
45



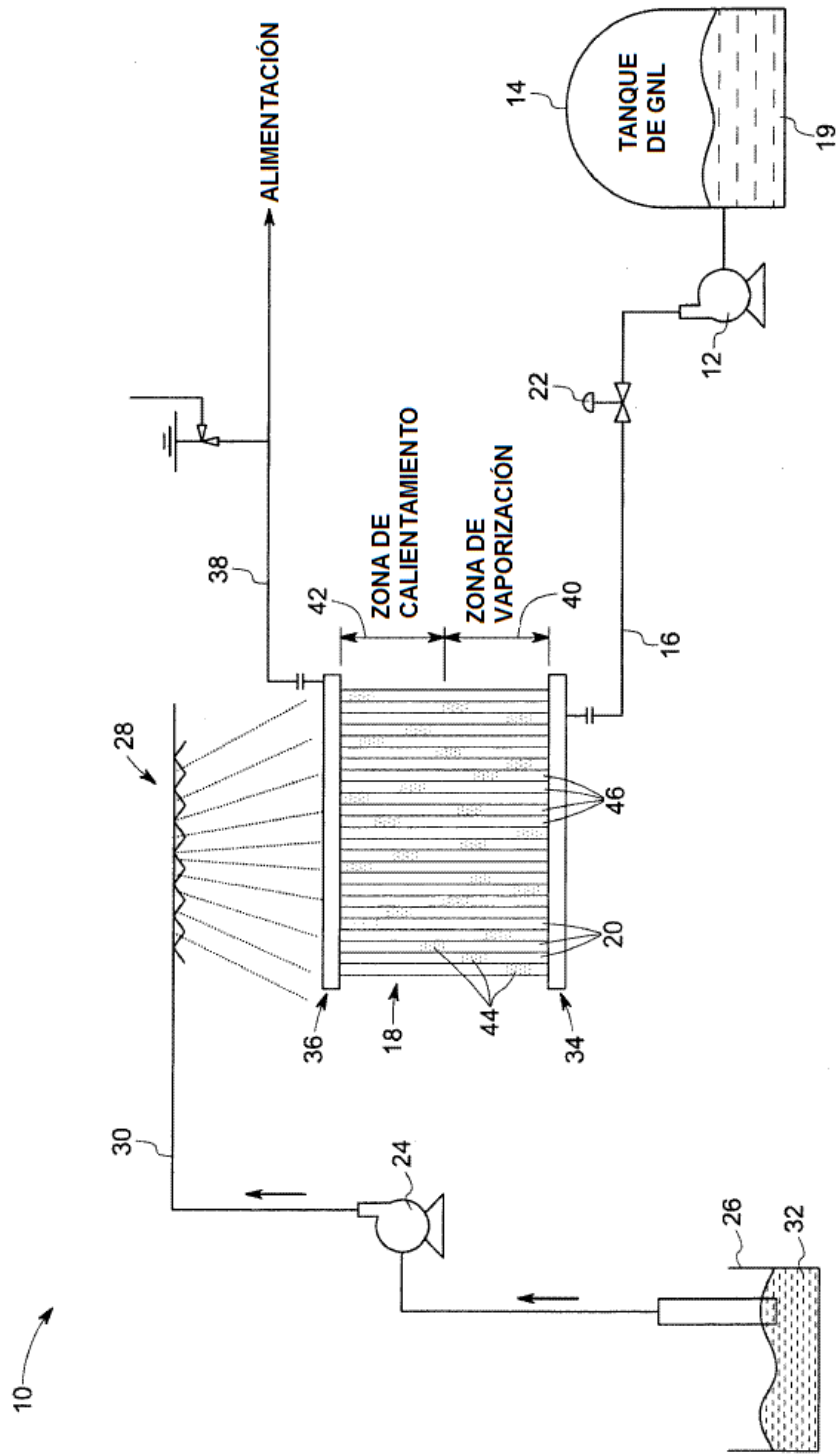


FIG. 1

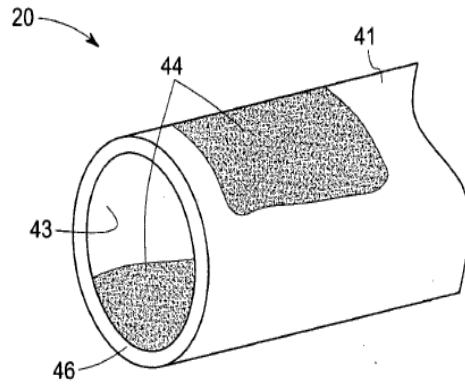


FIG. 2

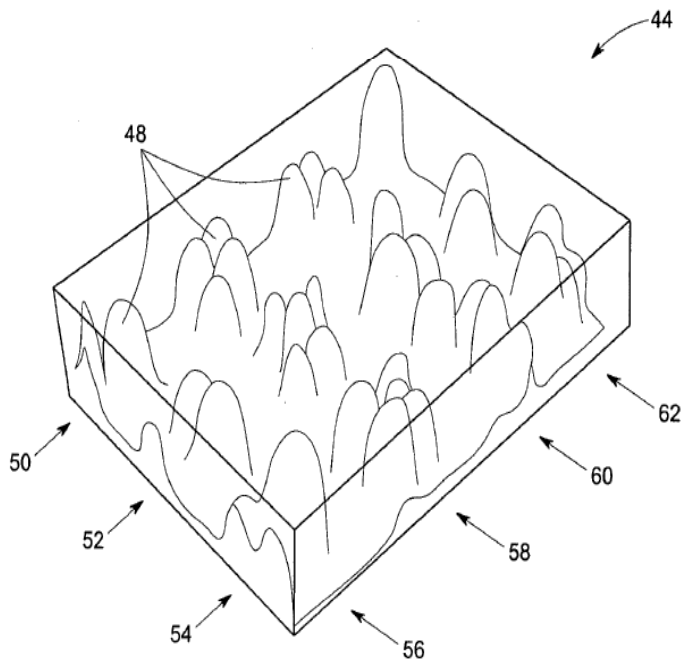


FIG. 3

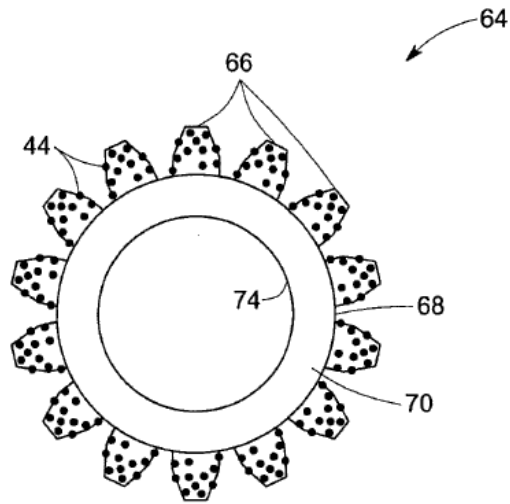


FIG. 4

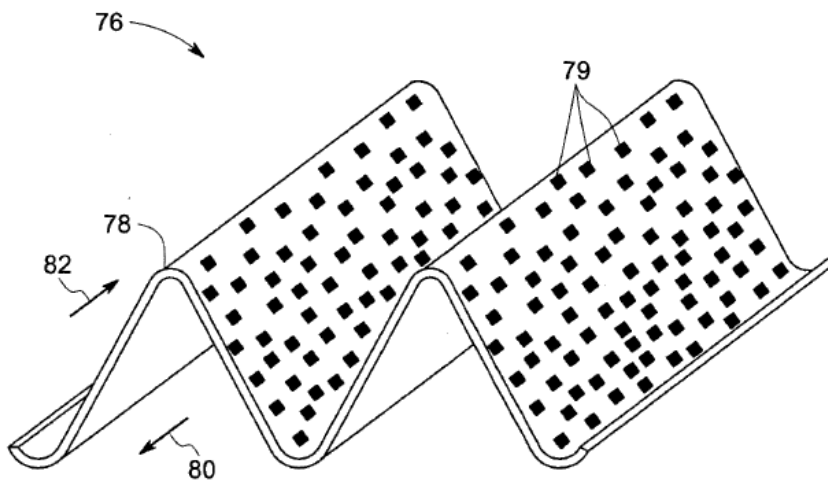
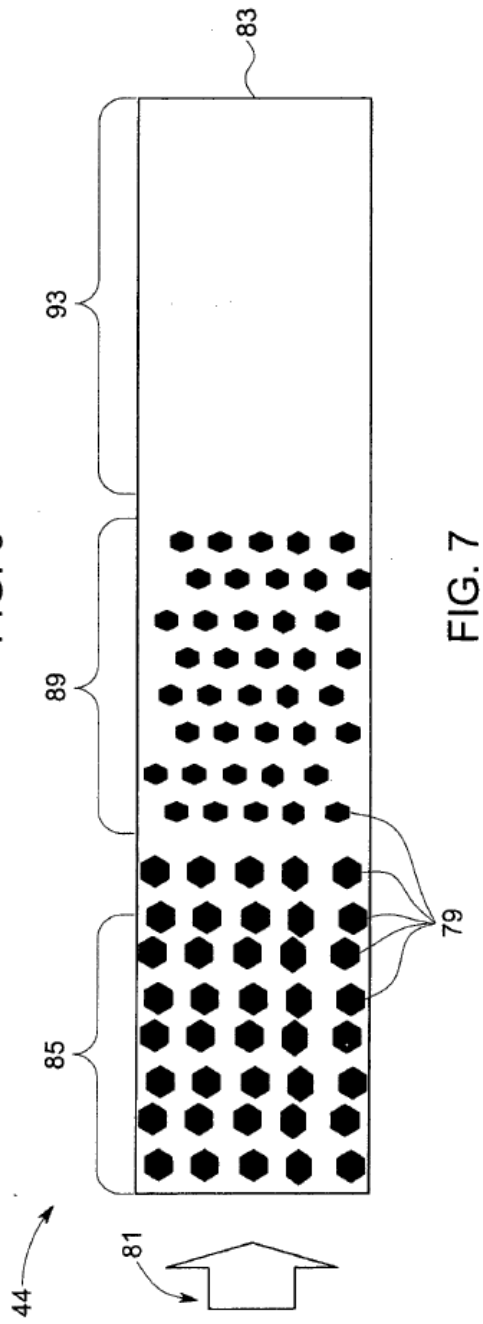
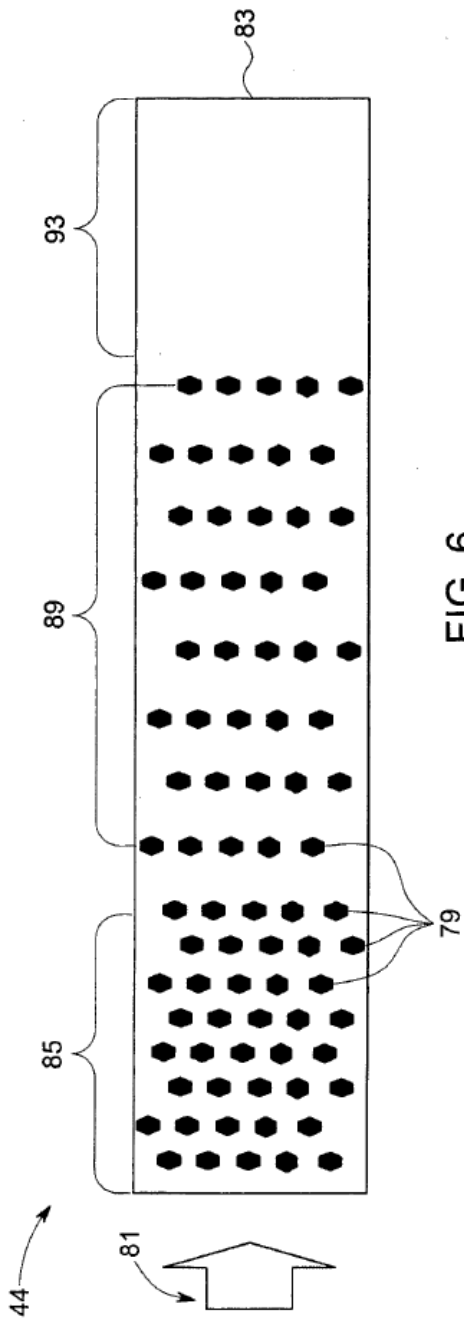


FIG. 5



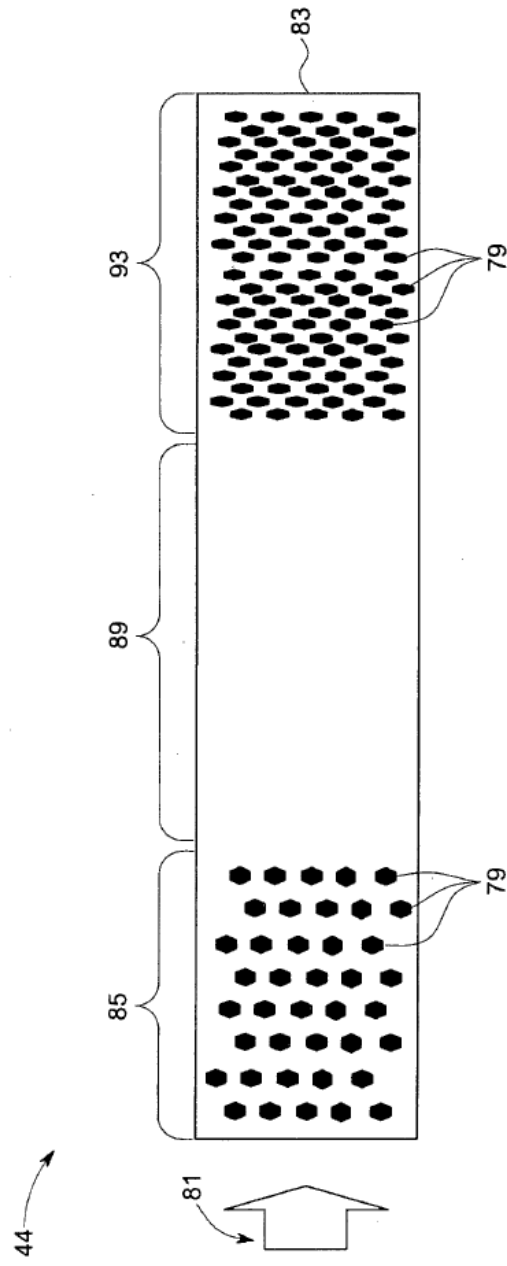
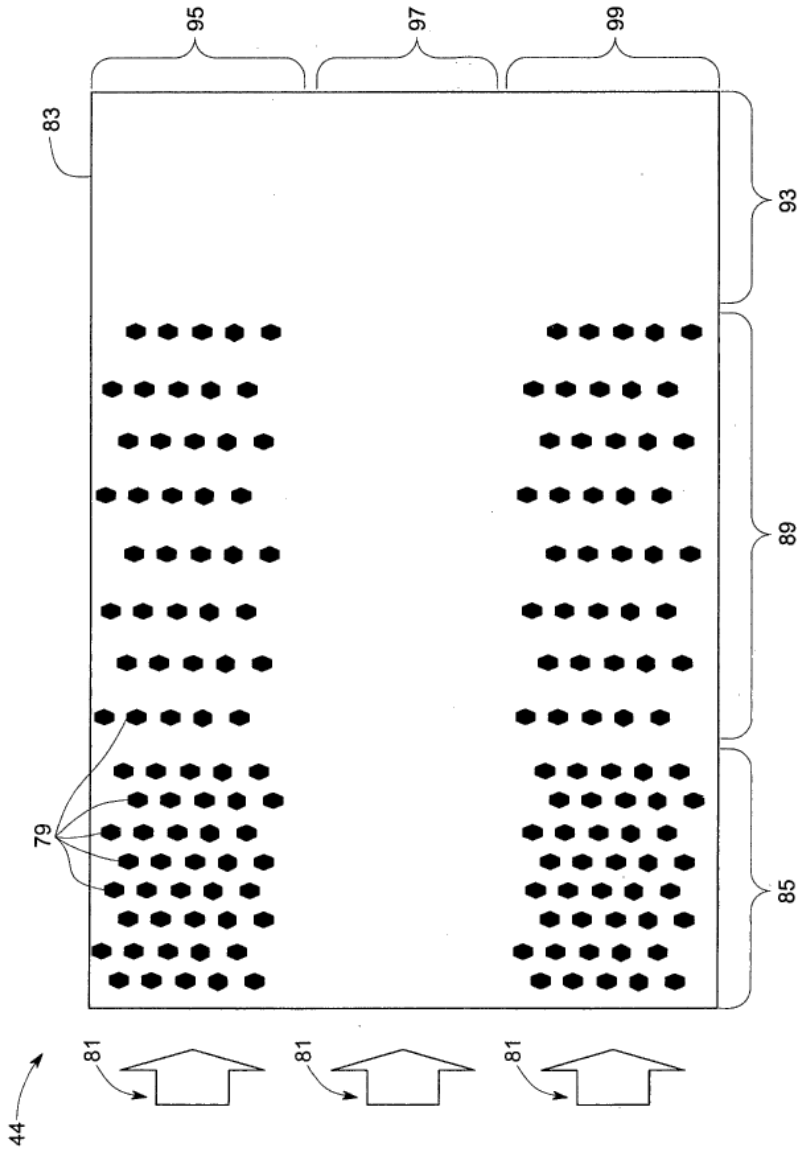


FIG. 8



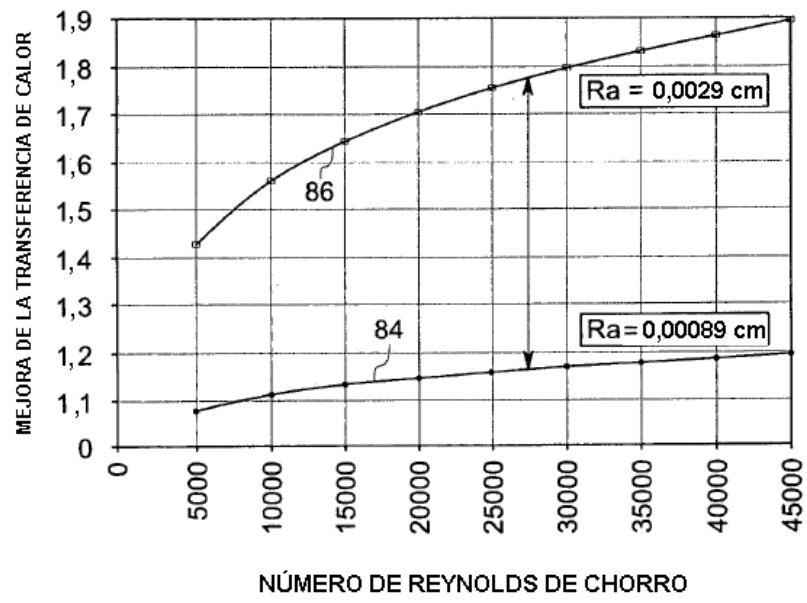


FIG. 10

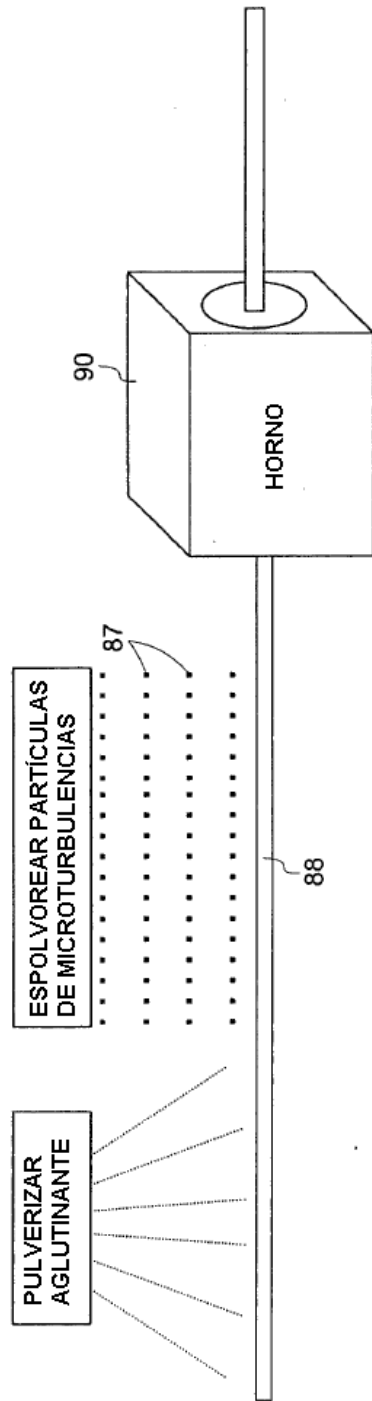


FIG. 11



