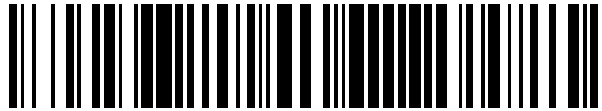


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 597**

51 Int. Cl.:

F28F 1/40 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

B01J 19/00 (2006.01)

C10G 9/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2008 PCT/JP2008/056008**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2008 WO08120699**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2008 E 08739132 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2138796**

54 Título: **Tubo de descomposición térmica**

30 Prioridad:

30.03.2007 JP 2007091364

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

10.09.2018

73 Titular/es:

**KUBOTA CORPORATION (100.0%)
2-47, Shikitsuhashi 1-chome Naniwa-ku
Osaka-shi
Osaka 556-8601, JP**

72 Inventor/es:

HASHIMOTO, KUNIHIDE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 680 597 T3

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

DESCRIPCIÓN

Tubo de descomposición térmica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a tubos de craqueo térmico para su uso en reactores de craqueo térmico para la producción de etileno o similares y, más particularmente, a tubos de craqueo térmico de hidrocarburos que tienen proyecciones formadas en la superficie interior del tubo para la producción de un efecto mejorado para agitar un fluido que fluye dentro del tubo, el tubo está adaptado para reducir las pérdidas de presión en la mayor medida posible, al tiempo que garantiza una alta eficiencia de transferencia térmica para el fluido en el interior del tubo.

Técnica anterior

10 Las olefinas, tales como etileno y propileno, se producen haciendo que un fluido material de hidrocarburo (tal como nafta, gas natural o etano) fluya a alta velocidad a través de un tubo de craqueo térmico calentado desde el exterior y calentando el fluido del material a un rango de temperatura de reacción para el craqueo térmico.

15 Para efectuar la reacción de craqueo térmico de manera eficiente, es importante que el fluido de material que se hace pasar a alta velocidad a través del tubo sea calentado en el intervalo de temperaturas de craqueo térmico a lo largo del canal del tubo a la porción radialmente central del mismo, evitando el sobrecalentamiento en la mayor medida posible. Si el fluido de material se sobrecalienta, los hidrocarburos se convierten excesivamente en fracciones ligeras (formación de metano, carbono libre, etc.) o los productos craqueados se someterán a una reacción de policondensación para dar como resultado una mayor reducción en el rendimiento del producto deseado. El sobrecalentamiento también da como resultado la coquización promovida (deposición de carbono libre en la superficie interna del tubo) para dar un coeficiente de transferencia de calor más bajo al tubo, lo que implica una necesidad de trabajo de descoquificación frecuente.

20

25 Por consiguiente, es una práctica proporcionar en la superficie interna de las proyecciones tubo de craqueo térmico que sirven para agitar el flujo de fluido, de tal manera que la agitación por las proyecciones asegura una mejor transferencia de calor al fluido que fluye a una velocidad alta para un aumento de la temperatura por calentamiento rápido (ver, como muestra, la Literatura de Patente 1). En consecuencia, la reacción termina en un período de tiempo más corto para evitar la conversión a fracciones ligeras debido al sobrecalentamiento. Además, la eficiencia de transferencia de calor mejorada del tubo de craqueo térmico hace posible calentar el tubo de craqueo térmico a una temperatura más baja para implicar la ventaja de prolongar la vida útil del tubo de craqueo.

30 La literatura de patente 1 da a conocer un tubo de craqueo térmico en el que una región que no tiene proyecciones se extiende sobre toda la longitud del tubo en paralelo al eje de la misma para asegurar una pérdida de presión reducida sin perjudicar la eficacia de la transferencia de calor del tubo.

Literatura de Patente 1: Patente republicada WO2004 - 046277

Divulgación de la invención**El problema a resolver**

35 Se requiere que el tubo de craqueo térmico de la Literatura de Patente 1 se mejore aún más en la eficacia de transferencia térmica y reduzca las pérdidas de presión.

40 Los inventores han encontrado que el tubo de craqueo térmico puede mejorar adicionalmente la eficiencia de transferencia de calor y reducir las pérdidas de presión mediante el ajuste de la altura de las proyecciones, la longitud de las proyecciones, y el rango de área en el que las proyecciones actúan sobre el fluido dentro del tubo de acuerdo con el diámetro interior del tubo. Este hallazgo ha madurado a la presente invención.

La presente invención proporciona un tubo de craqueo térmico, que está adaptado para suprimir las pérdidas de presión en la mayor medida posible manteniendo al mismo tiempo un efecto promotor de la transferencia de calor sobre el fluido dentro del tubo.

Medios para resolver el problema

45 Para resolver el problema anterior, la presente invención proporciona un tubo de craqueo térmico para hacer pasar un fluido a su través desde un extremo del mismo hacia el otro extremo, el tubo tiene una pluralidad de filas de proyecciones que se extienden circunferencialmente a lo largo de una superficie interior de la ortogonal tubo a o inclinado con respecto al eje del tubo, cada una de las filas de proyección incluye una pluralidad de proyecciones previstas en la superficie interna del tubo, estando el tubo definido por:

50 $S/10\pi D = 0,2 - 0,7,$
 $h/D = 0,02 - 0,05,$ y
 $L/\pi D = 0,04 - 0,5$

5 en las que D es el diámetro interior del tubo, h es la altura de una proyección A opcional incluida en una fila de proyección α , L es la longitud del arco circular de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo, y S es la área de una región R rodeada por la proyección A, líneas fantasmas L1 y L2 que se extienden respectivamente desde extremos circunferencialmente opuestos de la proyección A en paralelo al eje del tubo y una fila de proyección β aguas abajo desde la fila de proyección α .

Sumario de la invención

10 El tubo de craqueo térmico está adaptado para suprimir las pérdidas de presión en la mayor medida posible mientras que mantiene una alta eficiencia de transferencia de calor mediante la definición de la altura h de la proyección A en la superficie interior del tubo, la longitud L del arco circular de los mismos en una dirección ortogonal al eje del tubo y al área S, en función del diámetro interior D del tubo.

Breve descripción de los dibujos

15 La figura 1 es una vista en perspectiva en sección de un tubo de craqueo térmico de la invención;
 La figura 2 es una vista fragmentaria en sección tomada a lo largo de la línea X - X en la figura 1.
 La figura 3 es un desarrollo a lo largo de la dirección axial del tubo de la figura 1.
 Las figuras 4(A) a (C) son desarrollos que muestran proyecciones en diferentes disposiciones de acuerdo con la invención; y
 Las figuras 5(D) y (E) son desarrollos que muestran proyecciones en disposiciones todavía diferentes de acuerdo con la invención.

20 **Mejor modo de llevar a cabo la invención**

Un tubo 10 de craqueo térmico comprende generalmente una pluralidad de tubos rectos interconectados por dobleces en una forma de zigzag y se proporciona en un reactor de craqueo térmico y se calienta desde el exterior del tubo.

25 La figura 1 es una vista en perspectiva en sección que muestra una realización del tubo 10 de craqueo térmico (tubo recto) de la invención. 2 es una vista fragmentaria en sección tomada a lo largo de la línea X - X en la figura 1 y la figura 3 es un desarrollo a lo largo de la dirección axial del tubo de la figura 1. En las figuras 1 y 3, el lado izquierdo del plano del dibujo es el lado aguas arriba, y el lado derecho del mismo es el lado aguas abajo.

30 Con referencia a los dibujos, el tubo 10 de craqueo térmico está provisto de una pluralidad de filas α , β de las proyecciones circunferencialmente del tubo. Las filas de proyección α , β incluyen las proyecciones A y las proyecciones B, respectivamente.

35 Según la presente invención, el término fila de proyección significa un grupo de proyecciones previstas en la superficie interior del tubo 10 de craqueo térmico en una fila circunferencialmente del mismo. Cuando se define la fila de proyección, por ejemplo, con respecto a la longitud o área de la misma, la fila se define como una línea a través de las proyecciones centrales de la misma (la fila de proyección α o β mostrada en las figuras 1 y 3 e indicadas en una línea de cadena).

La fila de proyección α y la fila de proyección β se pueden hacer para extenderse en paralelo helicoidalmente en un ángulo de inclinación θ con respecto a un plano ortogonal al eje del tubo (véanse las figuras 1 y 3). En este caso, el ángulo de inclinación θ es preferiblemente de hasta 20 grados, más preferiblemente de hasta 15 grados. El ángulo de inclinación θ puede alterarse en una fila, o puede ser diferente de una fila a otra.

40 Cada fila de proyección puede ser anular independientemente de otra, y ortogonal al eje del tubo o colocada en un ángulo de inclinación con respecto al eje del tubo. En el caso en que la fila de proyección sea helicoidal, la fila no está limitada a una única fila, sino que puede proporcionarse una pluralidad de filas helicoidales.

45 Las proyecciones se pueden formar de manera eficiente en la forma de los granos de superposición, por ejemplo, mediante soldadura por plasma en polvo (soldadura PTA) o el procedimiento de soldadura de superposición similar. Las proyecciones se pueden formar en paralelo o inclinadas desde la fila.

Las proyecciones se pueden hacer de un material de aleación resistente al calor de la misma clase que el tubo 10 de craqueo térmico. Ejemplos de tales materiales son 25Cr - Ni (SCH22), 25Cr - 35Ni (SCH24) e Incoloy (marca registrada). También se pueden usar de forma adecuada otros diversos materiales de aleación resistentes al calor que son capaces de resistir el entorno en el que se va a utilizar el tubo 10 de craqueo térmico.

50 A continuación, con referencia a las figuras 1 a 3, suponga que el diámetro interior del tubo 10 de craqueo térmico es D (mm), la altura de una proyección A opcional incluida en la fila de proyección α es h (mm), la longitud del arco circular de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo es L (mm), la distancia de centro a centro entre la fila de proyección α y la fila de proyección β aguas abajo de allí es P (mm), el área de una región R rodeada por la proyección A, líneas de trazos L1 y L2 que se extienden respectivamente desde los extremos circunferencialmente opuestos de la proyección A en paralelo al eje del tubo y la fila de proyección β aguas abajo desde la fila de

55

proyección α es S (mm^2), la longitud de un arco circular como se mide en una dirección ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia de arco circular de extremo a extremo entre la proyección A y otra proyección A' adyacente a la misma en la fila de proyección α es s (mm) y el ángulo de inclinación de la fila de proyección α con respecto a un plano ortogonal al eje del tubo es θ .

5 Diámetro interior D del tubo de craqueo térmico

Se desea que el diámetro interior D del tubo 10 de craqueo térmico sea de 30 mm a 200 mm. El límite inferior del diámetro interior D está destinado a asegurar el espacio para proporcionar las filas de proyecciones, y el límite superior puede determinarse a la vista de la agitación del fluido por las proyecciones y la eficiencia de calentamiento.

Distancia centro a centro P entre las filas de proyección α , β

10 En el caso en el que las filas de proyección son helicoidales, la distancia P de centro a centro entre las filas α , β se determina según el diámetro interior D del tubo 10 y el ángulo de inclinación θ mencionado anteriormente, y es preferiblemente de 20 a 100 mm. En el caso en el que se proporcionan una pluralidad de filas de proyección, la distancia P de centro a centro entre las filas adyacentes es preferiblemente de 20 a 100 mm.

15 En cualquiera de los casos en que se proporciona una pluralidad de filas de proyección y el caso en el que cada fila de proyección es anular independientemente de otra, y ortogonal al eje del tubo o colocadas en un ángulo de inclinación con respecto al eje, la distancia P de centro a centro entre las filas adyacentes es preferiblemente de 20 a 100 mm.

Área S de la región R

El área S de la región R está definido por $S/10\pi D = 0,2 - 0,7$, preferiblemente por $S/10\pi D = 0,3 - 0,6$.

20 Un fluido de alta temperatura permanece en la capa de la superficie interior del tubo 10 de craqueo térmico, formando una película laminar de alta temperatura y produciendo un fenómeno en el cual la transferencia de calor completa no se efectúa entre el tubo 10 y el fluido dentro del tubo. En el caso en el que las proyecciones A se forman en la superficie interna del tubo 10, las proyecciones A agitan el fluido, presumiblemente rompiendo la película laminar para efectuar con ello una transferencia de calor apropiada. Cuando se proporciona un gran número de proyecciones en la superficie interna del tubo 10, las proyecciones agitarán individualmente el fluido. Cuando el lado aguas abajo de cada proyección donde la proyección actúa para agitar el fluido recibe un área específica, los inventores han encontrado que la proyección actúa para agitar el fluido uniformemente sobre el área especificada, por lo que el calor se transfiere desde el tubo al fluido dentro del tubo dentro del área especificada sin variaciones en la temperatura. Más específicamente, el área rodeada por una proyección y la fila de proyección aguas abajo de la proyección, es decir, el área S de una región R (véase la figura 1) dispuesto entre la proyección A y la fila de proyección β aguas abajo de la misma, se compara con el área interior del tubo que tiene un diámetro D sobre una longitud de tubo unitario de 10 mm. Los inventores han encontrado que si este valor está en el rango anterior de 0,2 a 0,7 (preferiblemente en el rango de 0,3 a 0,6), la transferencia de calor se puede efectuar de manera eficiente.

35 La región R proporcionado aguas abajo de la proyección A es una región rodeada por la proyección A , las líneas de trazos $L1$ y $L2$ que se extienden respectivamente desde los extremos circunferencialmente opuestos de la proyección A en paralelo al eje del tubo y la fila de proyección β aguas abajo de la proyección A . Como se muestra en la figura 1, cuando la proyección A y la fila de proyección β son paralelas, el área de la región R es la de un paralelogramo rectangular. Si la fila de proyección α y la fila de proyección β son ambas ortogonales al eje del tubo, la región R es rectangular.

40 En el caso en que el ángulo de inclinación θ de la fila de proyección β es diferente del ángulo de inclinación de la proyección B en la fila β , la región R es un área rodeada por la proyección A , la proyección B y de trazos líneas $L1$, $L2$ como se muestra en las figuras 5, (D) y (E).

45 La relación del área S de la región R en el que la proyección A actúa sobre el fluido al tubo de área interior $10\pi D$ que tiene una longitud de tubo unidad de 10 mm se limita a 0,7 (preferiblemente 0,6). Esto proporciona características mejoradas de transferencia de calor al fluido y reduce las pérdidas de presión como se entenderá con referencia a los ejemplos. El límite inferior de la relación es 0,2 (preferiblemente 0,3) por la siguiente razón. Para hacer que esta relación sea menor que 0,2 (preferiblemente 0,3), surge la necesidad de disminuir la longitud de la proyección A y/o la distancia de centro a centro entre la proyección A y la fila de proyección β , con el resultado de que un mayor número de proyecciones que es necesario se proporcionan en la superficie interna del tubo 10. Estas proyecciones crean una turbulencia inapropiada en la capa de la superficie interna del tubo 10, lo que implica pérdidas de presión incrementadas y no produce el efecto de agitación de fluido contemplado.

55 La suma total ΣS de las áreas S para todas las proyecciones a ser formadas en la superficie interior del tubo 10 de craqueo térmico es preferiblemente al menos 80 % del área de la superficie interior del tubo 10. Esto da como resultado características de transferencia de calor mejoradas y pérdidas de presión reducidas como ya se ha descrito en general en toda la longitud del tubo 10.

Altura h de la proyección A

La altura h de la proyección A está definida por $h/D = 0,02 - 0,05$.

La altura h de la proyección A ejerce una gran influencia en la agitación del fluido.

5 A medida que la altura h de las A aumenta de proyección, la proyección A ofrece resistencia, produciendo una pérdida de presión aumentada y presentando dificultad en la disminución de las pérdidas de presión del tubo 10 de craqueo térmico. En consecuencia, el límite superior de la relación de la altura h de la proyección A con respecto al diámetro interior D del tubo 10 de craqueo térmico es de 0,05.

10 Con una disminución de la altura h de la proyección A, el efecto de la proyección A para agitar el fluido se vuelve seriamente afectado, de modo que el límite inferior de la relación de la altura h de la proyección A al diámetro interior D del tubo 10 debe ser 0,02.

Longitud del arco circular L de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo

La longitud L del arco circular de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo está definido por $L/\pi D = 0,04 - 0,5$, preferiblemente por $L/\pi D = 0,04 - 0,2$.

15 La longitud del arco circular L de la proyección A ortogonal al eje del tubo se relaciona con el número de proyecciones incluidas en la fila de proyección, es decir, al número de las longitudes s de arcos circulares en una dirección ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia de arco circular de extremo a extremo entre las proyecciones, y ejerce una gran influencia en las pérdidas de presión.

20 Con un aumento en la longitud de arco circular L de la proyección A ortogonal al eje del tubo, el número de los espacios de extremo a extremo entre las proyecciones para el paso del líquido disminuye para provocar un aumento de las pérdidas de presión. Por consiguiente, el límite superior de la relación de la longitud L del arco circular de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo a la longitud de la circunferencia πD del tubo 10 de craqueo térmico debería ser de 0,5 (preferiblemente 0,2).

25 Con una disminución en la longitud de arco circular L de la proyección A ortogonal al eje del tubo, la zona S en la que la proyección ejerce una influencia se hace demasiado pequeña para proporcionar la estructura, y la turbulencia adecuadamente agitada ya no está disponible. Por consiguiente, el límite inferior de la relación de la longitud L del arco circular de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo a la longitud de la circunferencia nD del tubo 10 de craqueo térmico debería ser de 0,04.

Longitud del arco circular s ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia del arco circular de extremo a extremo entre la proyección A y la proyección A'

30 La longitud s de un arco circular como se mide en una dirección ortogonal al eje del tubo y que corresponde a la distancia de arco circular de extremo a extremo entre la proyección A y otra proyección A' adyacente a la misma en la proyección de fila α , es decir, la separación entre la proyección A y la proyección A' debería ser preferiblemente $s/\pi D \leq 0,05$.

35 La longitud del arco circular s ortogonal al eje del tubo y que corresponde a la distancia del arco circular de extremo a extremo entre las proyecciones ejerce influencia sobre el rango de paso del fluido y sobre las pérdidas de presión. Por consiguiente, la relación de la longitud del arco circular s ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia del arco circular de extremo a extremo entre las proyecciones a la longitud nD de la circunferencia del tubo 10 debería ser preferiblemente de hasta 0,05.

40 El número de proyecciones en la fila de proyección α se determina mediante la especificación de la longitud de arco circular L de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo, y la longitud de arco circular s ortogonal al eje del tubo y que corresponde a la distancia del arco circular de extremo a extremo. El número de proyecciones es de 2 a 25 por fila de proyección.

Fila de proyección β

45 Con respecto a la fila de proyección β posicionada aguas abajo de la proyección A, la región entre las líneas de trazos L1 y L2 aguas abajo de la proyección A axialmente del tubo está provista preferiblemente de una o una pluralidad de proyecciones B de manera que se opone a la proyección A. La razón es que, si no se proporciona una proyección B de la fila β en esta región, es difícil mantener una acción de agitación dentro del tubo porque hay un límite superior para el rango de influencia que ejercerá la proyección de agitación de fluido A, y es imposible mantener una alta eficiencia de transferencia de calor. Se desea además que la fila de proyección β se extienda sobre al menos el 50 % de la longitud del arco circular de la región mencionada anteriormente.

50 Las filas de proyección α , β , las proyecciones de A, B, etc. así definido reducen las pérdidas de presión en la mayor medida posible mientras que mantiene una alta eficiencia de transferencia de calor para el fluido dentro del tubo, como será evidente a partir de ejemplos dados a continuación.

Esto hace que sea posible para evitar el sobrecalentamiento, mientras que calienta rápidamente el fluido material al rango de temperatura de craqueo térmico completamente para la porción radialmente central del canal del tubo para producir el producto deseado con un rendimiento mejorado. Además, con la coquización inhibida, se puede prescindir del trabajo de descoquificación para producir una mayor cantidad de producto debido a un aumento en el período de operación.

Otras disposiciones de las proyecciones

Las figuras 4, (A) a (C) y las figuras 5, (D) y (E) muestran otras disposiciones diferentes de las proyecciones A, B. Estos dibujos muestran filas de proyección α , β que son anulares e independientes entre sí y se colocan ortogonales al eje del tubo, mientras que estas filas pueden estar inclinadas con respecto al eje del tubo como se ve en la figura 3.

La figura 4, (A) muestra una disposición que comprende una proyección A y una proyección B aguas abajo de la misma y paralela a la misma. El espacio definido por la proyección A y las líneas de trazos L1, L2 está completamente cerrado con la proyección B.

Las figuras 4, (B) y (C) muestran disposiciones en las que el espacio definido por una proyección A y líneas de trazos L1, L2 es al menos un 50 % (menor que 100%) cerrado con una proyección o proyecciones B. En la figura 4, (B), la línea de trazos L1 o L2 se cruza con la fila de proyección β en una parte del mismo entre sus extremos opuestos. La figura 4, (C) muestran que el espacio entre las líneas fantasmas L1, L2 incluye toda la longitud del espacio entre los extremos opuestos de las proyecciones de la fila β .

La figura 5, (D) muestra una disposición en la que las proyecciones A, B están inclinadas hacia la misma dirección con respecto a las filas de proyección α , β y la figura 5, (E) muestra una disposición en la que las proyecciones A, B están inclinadas hacia direcciones opuestas con respecto a las filas de proyección α , β . En el caso de la figura 5, (D), una región R tiene un área paralelogramática S, mientras que la figura 5, (E) muestra una región R que tiene un área trapezoidal S.

En cualquiera de los casos mostrados en las figuras 4 y 5, es posible asegurar pérdidas de presión reducidas en la mayor medida posible mientras se logra una alta eficiencia de transferencia de calor para el fluido dentro del tubo, satisfaciendo las definiciones en cuanto a los mínimos de proyección α , β , proyecciones A, B, etc.

Ejemplos

Se prepararon tubos de muestras en los ejemplos 1 a 6 de la invención y los ejemplos comparativos 1 a 18, y se comprobaron las características de transferencia de calor y pérdidas de presión. La Tabla 1 muestra las condiciones de fabricación para los tubos de muestra. En la Tabla 1, las longitudes se expresan en mm, las áreas en mm^2 y los números de proyección son números de proyecciones.

Tabla 1

| | Diámetro interno D | Número de proyecciones | Altura de proyección h | Ángulo de inclinación θ | Distancia de centro a centro P | Longitud del arco circular de proyección ortogonal al eje del tubo L | Longitud del arco circular ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia S de extremo a extremo | Área S/área interior del tubo $10\pi D$ sobre la longitud del tubo unitario de 10 mm | Altura de proyección h/diámetro interior D | L/longitud de circunferencia πD | S/circunferencia de longitud πD | Características de transferencia de calor | Pérdidas de presión |
|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------|
| Ejemplo 1 | 38 | 6 | 1,60 | 15 | 32,0 | 14,6 | 5,3 | 0,39 | 0,042 | 0,12 | 0,044 | o | o |
| Ejemplo 2 | 50 | 6 | 1,90 | 15 | 42,1 | 21,3 | 4,9 | 0,57 | 0,038 | 0,14 | 0,031 | o | o |
| Ejemplo 3 | 130 | 16 | 3,30 | 10 | 72,0 | 23,2 | 2,3 | 0,41 | 0,025 | 0,06 | 0,006 | o | o |
| Ejemplo 4 | 150 | 19 | 3,60 | 10 | 83,1 | 23,1 | 1,7 | 0,41 | 0,024 | 0,05 | 0,004 | o | o |
| Ejemplo 5 | 38 | 6 | 1,11 | 15 | 32,0 | 15,2 | 4,7 | 0,41 | 0,029 | 0,13 | 0,040 | o | o |
| Ejemplo 6 | 130 | 16 | 2,78 | 10 | 72,0 | 23,6 | 2,0 | 0,42 | 0,021 | 0,06 | 0,005 | o | o |
| Ejemplo Comparativo 1 | 50 | 3 | 2,80 | 25 | 73,2 | 47,8 | 4,6 | 2,23 | 0,056 | 0,30 | 0,029 | x | x |
| Ejemplo Comparativo 2 | 50 | 6 | 3,00 | 25 | 73,2 | 21,6 | 4,6 | 1,01 | 0,060 | 0,14 | 0,029 | o | x |
| Ejemplo Comparativo 3 | 50 | 6 | 3,10 | 25 | 73,2 | 21,6 | 4,6 | 1,01 | 0,062 | 0,14 | 0,029 | o | x |
| Ejemplo Comparativo 4 | 50 | 6 | 2,90 | 35 | 110,0 | 22,0 | 4,1 | 1,54 | 0,058 | 0,14 | 0,026 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 5 | 50 | 6 | 0,82 | 20 | 57,2 | 22,0 | 4,2 | 0,80 | 0,016 | 0,14 | 0,027 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 6 | 50 | 6 | 1,24 | 20 | 57,2 | 21,6 | 4,6 | 0,79 | 0,025 | 0,14 | 0,029 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 7 | 50 | 6 | 1,54 | 20 | 57,2 | 21,5 | 4,7 | 0,78 | 0,031 | 0,14 | 0,030 | o | x |
| Ejemplo Comparativo 8 | 38 | 4 | 1,66 | 20 | 43,5 | 23,7 | 6,1 | 0,86 | 0,044 | 0,20 | 0,051 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 9 | 38 | 6 | 2,44 | 34 | 80,5 | 15,0 | 4,9 | 1,01 | 0,064 | 0,13 | 0,041 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 10 | 38 | 4 | 2,62 | 38 | 93,3 | 21,9 | 8,0 | 1,71 | 0,069 | 0,18 | 0,067 | x | x |
| Ejemplo Comparativo 11 | 38 | 6 | 2,40 | 38 | 93,3 | 15,6 | 4,3 | 1,22 | 0,063 | 0,13 | 0,036 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 12 | 38 | 6 | 2,53 | 30 | 68,9 | 11,6 | 8,3 | 0,67 | 0,067 | 0,10 | 0,070 | o | x |

(continuación)

| | Díámetro interno D | Número de proyecciones | Altura de proyección h | Ángulo de inclinación θ | Distancia de centro de centro a centro P | Longitud del arco circular de proyección ortogonal al eje del tubo L | Longitud del arco circular ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia S de extremo a extremo | Área S/área interior del tubo 10 π D sobre la longitud del tubo unitario de 10 mm | Altura de proyección h/diámetro interior D | L/longitud de circunferencia π D | S/circunferencia de longitud π D | Características de transferencia de calor | Pérdidas de presión |
|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|--|--|--|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------|
| Ejemplo Comparativo 13 | 38 | 4 | 1,91 | 30 | 68,9 | 19,6 | 10,2 | 1,13 | 0,050 | 0,16 | 0,086 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 14 | 38 | 4 | 2,00 | 30 | 68,9 | 19,9 | 10,0 | 1,15 | 0,053 | 0,17 | 0,083 | x | o |
| Ejemplo Comparativo 15 | 130 | 8 | 5,63 | 20 | 148,6 | 44,4 | 6,7 | 1,61 | 0,043 | 0,11 | 0,016 | o | x |
| Ejemplo Comparativo 16 | 38 | 4 | 2,40 | 30 | 68,9 | 23,8 | 6,1 | 1,37 | 0,063 | 0,20 | 0,051 | o | x |
| Ejemplo Comparativo 17 | 50 | 4 | 3,00 | 30 | 90,7 | 33,2 | 6,1 | 1,92 | 0,060 | 0,21 | 0,039 | o | x |
| Ejemplo Comparativo 18 | 150 | 8 | 5,70 | 20 | 171,5 | 55,1 | 3,8 | 2,01 | 0,038 | 0,12 | 0,008 | o | x |

A continuación, se dan las condiciones de los experimentos.

Fluido de prueba: aire

Temperatura del fluido: aire caliente de 250 a 350 °C para medir las características de transferencia de calor, temperatura ambiente para medir la pérdida de presión

5 Número de Reynolds: 25.000 - 120.000 para medir características de transferencia de calor, 40.000 a 120.000 para medir pérdidas de presión Sección de medición de pérdida de presión: 1000 mm - 1500 mm

10 Para la medición de la eficiencia de transferencia de calor, el aire calentado a aproximadamente 300 °C por un generador de aire caliente se alimentó al tubo de craqueo térmico, y las variaciones de temperatura en las variaciones de fluidos y de temperatura en la pared del tubo se midieron para calcular un Número de Nusselt promedio. La temperatura del fluido fue medida por un anemómetro.

Las pérdidas de presión se midieron mediante el uso de un ventilador para enviar aire a temperatura ambiente al tubo y un manómetro digital para la medición de diferencias de presión. Se utilizó un anemómetro para medir la temperatura del fluido y la velocidad de flujo del mismo.

15 La Tabla 1 muestra los resultados de la medición. Cada una de las medidas expresadas por el símbolo \circ o \times en la Tabla 1 se evaluó en comparación con el valor característico correspondiente, que sirve como estándar, de un producto convencional de tubo de craqueo térmico que tiene proyecciones que se extienden continuamente circunferencialmente del tubo sin interrupción. Cuando se muestra una mejora no inferior a una relación predeterminada, la medición se evaluó como \circ , mientras que, si no, la medición se evaluó como \times .

20 La Tabla 1 muestra que los ejemplos de invención 1 a 6 son excelentes en las características de transferencia de calor y son reducidas las pérdidas de presión de estaño.

Por otro lado, los ejemplos comparativos 1 a 18 son inferiores en características de transferencia de calor o las pérdidas de presión, o en ambas de estas características.

25 Los tubos de los ejemplos comparativos son inferiores a los de la invención porque están fuera del rango especificado con respecto a una de las proporciones de: área de S/tubo zona interior $10\pi D$ más de unidad de longitud de tubo de 10 mm, altura de la proyección h /diámetro interior D , longitud del arco circular L de proyección ortogonal al eje del tubo/longitud circunferencial πD , y longitud del arco circular s ortogonal al eje del tubo y correspondiente a la distancia extremo/longitud circunferencial πD , por lo que no se alcanza completamente las condiciones de formación de proyección o condiciones de formación de filas de proyección. Las características insatisfactorias de transferencia de calor conducen al problema de la coquefacción además de un rendimiento menor.

30

Aplicabilidad industrial

La invención proporciona un tubo de craqueo térmico útil adaptado para suprimir las pérdidas de presión en la mayor medida posible manteniendo al mismo tiempo un efecto promotor de transferencia de calor sobre el fluido dentro del tubo.

35

REIVINDICACIONES

1. Un tubo de craqueo térmico para pasar un fluido a través de uno de sus extremos hacia el otro extremo, teniendo el tubo una pluralidad de filas de proyecciones que se extienden circunferencialmente a lo largo de una superficie interna del tubo ortogonal o inclinada con respecto al eje del tubo, cada una de las filas de proyección que incluyen una pluralidad de proyecciones previstas en la superficie interna del tubo, estando el tubo un tubo de craqueo térmico de hidrocarburos **caracterizado por:**

$$0,2 \leq S/10\pi D \leq 0,7$$

$$0,02 \leq h/D \leq 0,05$$

y

$$0,04 \leq L/\pi D \leq 0,5$$

en las que

D es el diámetro interior en mm del tubo,

$10\pi D$ es un área interior en mm^2 del tubo que tiene el diámetro interior D sobre una longitud del tubo unitario de 10 mm,

h es la altura en mm de una proyección A elegida arbitrariamente de la pluralidad de proyecciones incluidas en una fila de proyección α ,

L es la longitud en mm del arco circular de la proyección A en una dirección ortogonal al eje del tubo, y

S es el área en mm^2 de una región R rodeada por

la proyección A,

las líneas L1 y L2 se extienden respectivamente desde extremos circunferencialmente opuestos de la proyección A en paralelo al eje del tubo y

una fila de proyección β adyacente a y aguas abajo de la fila de proyección α .

2. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburos según la reivindicación 1, que está definido por $s/\pi D \leq 0,05$ en la que s es la longitud de un arco circular ortogonal al eje del tubo y que corresponde a la distancia de arco circular de extremo a extremo entre la proyección A y el otro. proyección A' adyacente a la fila de proyección α .

3. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburos según la reivindicación 1 o 2, en el que entre las líneas L1 y L2 en un lado de la proyección A de la fila de proyección α aguas abajo desde el mismo axialmente del tubo, la fila de proyección β tiene una o una pluralidad de proyecciones B como opuestas a la proyección A.

4. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburos según la reivindicación 3, en el que la proyección o proyecciones B se extienden sobre al menos el 50 % de la longitud del arco circular de un espacio definido por las líneas L1 y L2.

5. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la fila de proyección α y la fila de proyección β se proporcionan generalmente en paralelo, y la región R es aproximadamente paralelogramática.

6. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la suma total ΣS de las áreas S para todas las proyecciones formadas en la superficie interna del tubo es al menos 80 % del área de superficie interior total del tubo.

7. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la fila de proyección α y la fila de proyección β se extienden helicoidalmente.

8. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la fila de proyección α y la fila de proyección β están cada una dispuestas ortogonales al eje del tubo.

9. El tubo de craqueo térmico de hidrocarburo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el tubo tiene un diámetro interno D de 30 a 200 mm.

FIG. 1

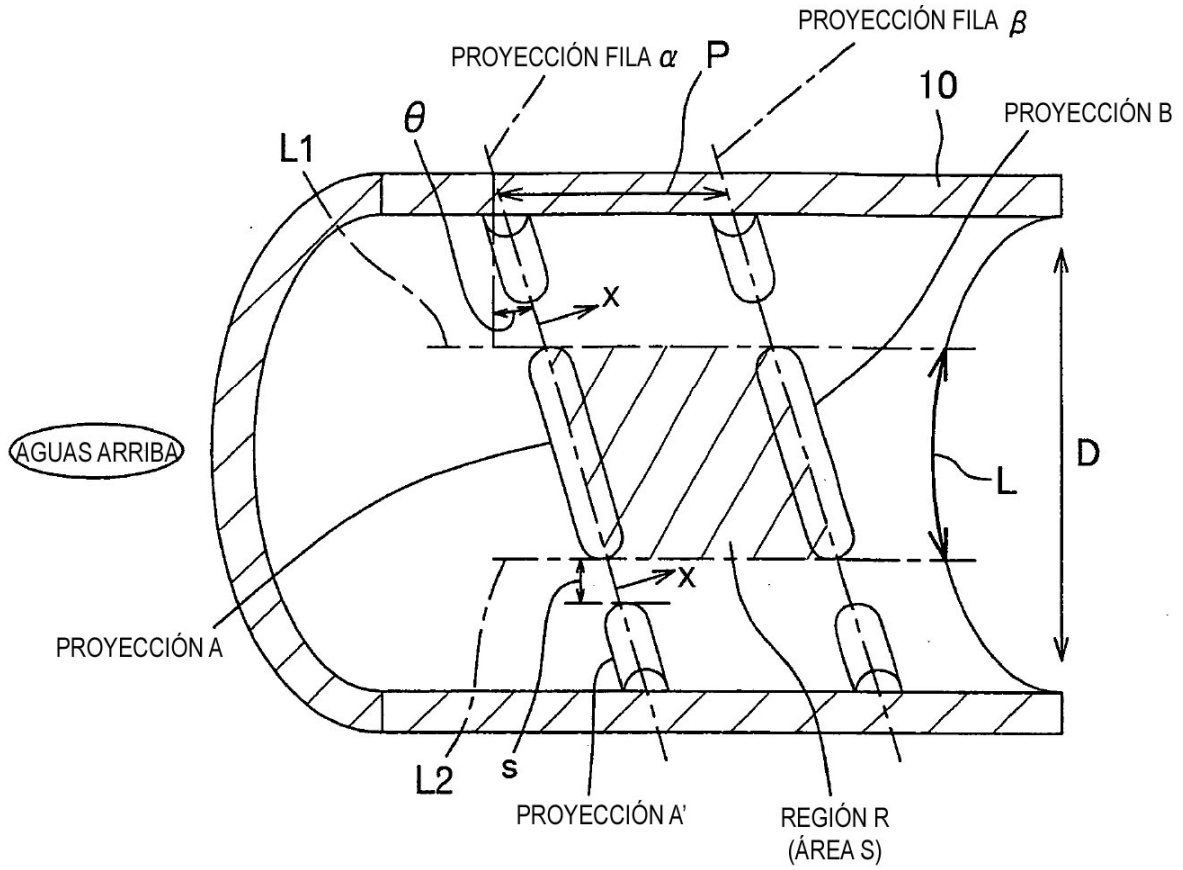


FIG. 2

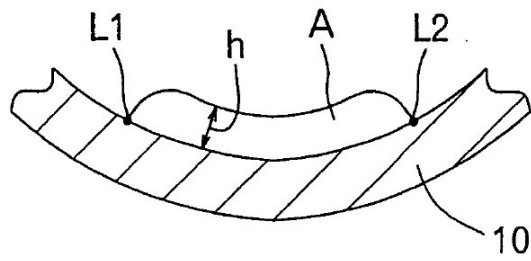


FIG. 3

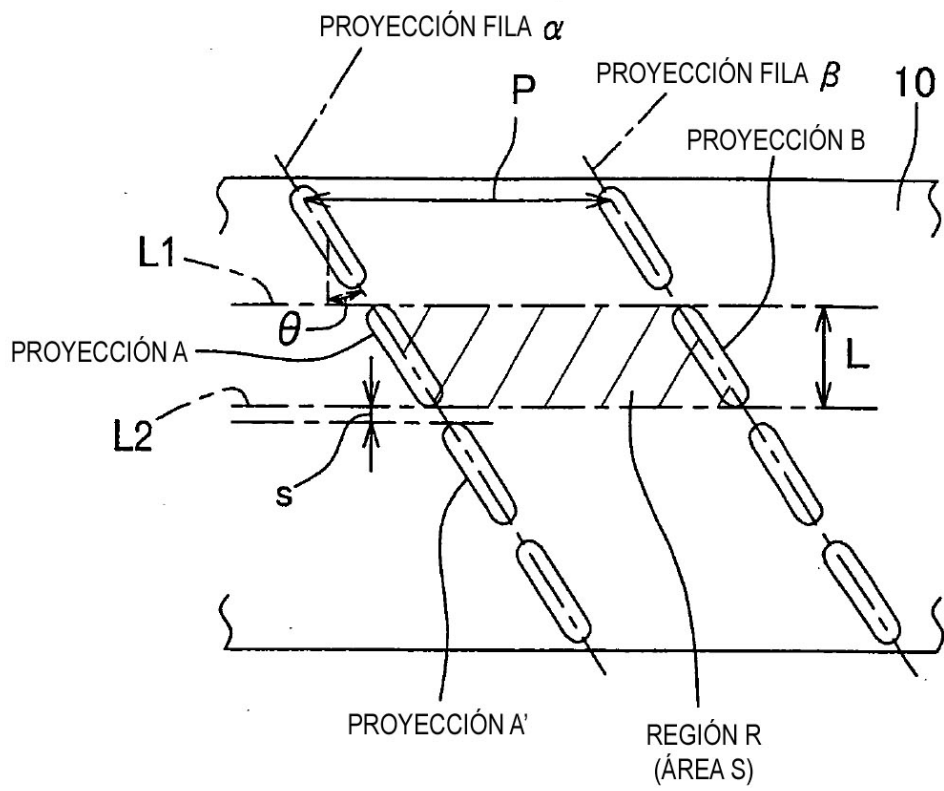


FIG. 4

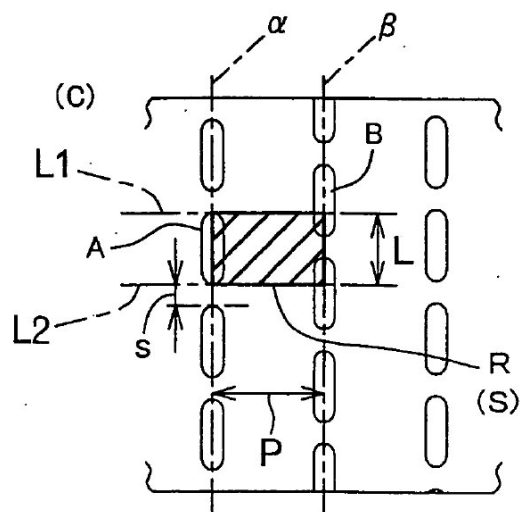
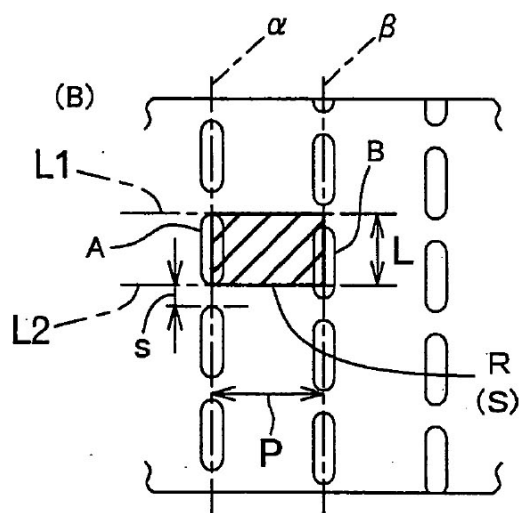
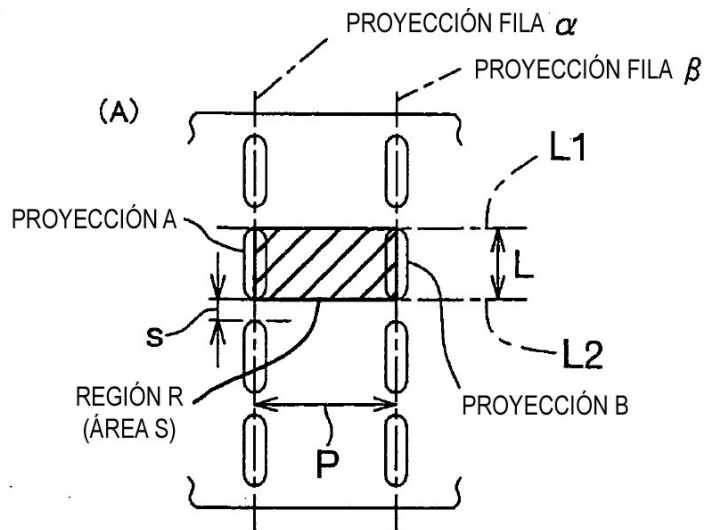


FIG. 5

