



CO. CEDIDA

19 ES	21	11 NUMERO	10 AI
464343			
22 FECHA DE PRESENTACION			
22-11-77			

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
721.861	9-9-76	EE.UU.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F28D//F28F	No 462.206

54 TITULO DE LA INVENCION

"UN METODO PERFECCIONADO PARA TRANSFERENCIA DE CALOR ACTIVADA"

71 SOLICITANTE (S)

UNION CARBIDE CORPORATION (L-10546-SP Div.)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

270 Park Avenue, Nueva York, Nueva York 10017, Estados Unidos de America,

72 INVENTOR (ES)

Gary Wayne Fenner y Elias George Ragi.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

DCN ALBERTO DE ELZABITU MARQUEZ (P.- 67.C13)

5 JUL. 1978

1fg Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción, en virtud del contenido de la memoria adjunta.

POOR QUALITY

1 Este invento se refiere, a un método de transferencia de calor activada, y un cambiador de calor del tipo de haces de tubos y envuelta.

5 En los sistemas en los que interviene la transferencia de calor a través de una pared de un tubo, se han ideado una diversidad de técnicas para aumentar la transferencia de calor de la superficie interior, es decir, promotores de superficie, los cuales son protuberancias desde, - o entrantes en, la superficie de la pared, promotores desplazados, los cuales son cuerpos de forma currentilínea o material de empacotadura similar introducido en los tubos, el favorecimiento del flujo vertical mediante hélices o piezas de inserción helicoidales, vibración y campos electrostáticos. Tales técnicas requieren aportación de energía, y la promoción de la transferencia de calor -
10 activada a costa de una aportación de energía excesivamente elevada ha limitado la aplicación comercial de los dispositivos de aumento que, por lo demás, tienen características favorables. Por consiguiente, la mejora del régimen de transferencia de calor promovida por una técnica -
15 específica es corrientemente analizada sobre una base de establecer relación con la cantidad de energía requerida para conseguir tal promoción, obteniéndose con ello una indicación de la eficacia del sistema en cuanto a coste.

25 La promoción de superficie ha recibido la máxima atención debido a su eficacia de coste, y se dispone comercialmente de tubería en la que se emplean aletas salientes o estrías entrantes que se extienden ya sea alrededor de la periferia o ya sea axialmente a lo largo del tubo.
30 Las estrías o las aletas pueden además trazar una trayec-

1 - toria en hélice a fin de crear un flujo del tipo de torbe
llino dentro del tubo. También se practica comercialmen-
te el moleteado de la superficie, así como la introduc-
5 ción de protuberancias geométricamente simétricas espacia-
das uniformemente, es decir, pirámides de forma romboidal
y bloques cuadrados. La técnica anterior informa de da-
tos de regímenes de transferencia de calor y de caídas de
presión para una diversidad de formas disponibles comer-
cialmente de promotores de superficie e informa también -
10 de datos similares para sistemas los cuales, hasta la fe-
cha, no han sido explotados comercialmente. Los datos in-
dicar que el acabado de grano de arena aleatorio produci-
do por la Dipprey & Sabersky "Transferencia de calor y de
impulso en tubos lisos y rugosos", Journal of Industrial
15 Heat and Mass Transfer, 1963, volumen 6, páginas 329-353,
es particularmente eficaz con respecto al grado de activa-
ción del régimen de transferencia de calor que puede con-
seguirse por unidad de energía consumida. El tubo de la
Dipprey & Sabersky fue fabricado por recubrimiento galva-
20 noplástico de níquel sobre mandriles recubiertos con gra-
nos de arena clasificados por tamaño, agrupados muy próxi-
mos entre sí. Los mandriles fueron subsiguientemente di-
sueltos químicamente y la envuelta de níquel sólido que -
quedaba con entrantes superficiales sirvió como tubo de -
25 prueba. El material de la pared del tubo era de gran pu-
reza y uniformidad en toda ella, representando por tanto
un medio de transferencia de calor que no era afectado --
perjudicialmente por los huecos ni por los materiales de
conductividad térmica inferior a la del níquel. Los da-
30 tos comunicados indican que un tubo de níquel homogéneo -

16117

1 con un acabado de grano de arena de "imagen de espejo" in-
 terno es un medio de transferencia de calor eficaz, en --
 particular con respecto a la relación de activación del --
 régimen de transferencia-aportación de energía. En conse-
 5 cuencia, sería de esperar la explotación industrial de ta-
 les sistemas; no obstante, los gastos que van asociados a
 la fabricación del tubo de Dipprey-Sabersky contrarrestan
 la eficacia de coste que, por lo demás, iría asociada a -
 tales sistemas.

10 Las características de comportamiento de las superfi-
 cies de activación de las transferencias de calor se anali-
 zan de ordinario matemáticamente en términos de la Rela---

15 ción de Producto Total, $R = \frac{hf_0}{h_0f}$; donde

h = coeficiente de transferencia de calor de la su-
 perficie alterada.

h_0 = coeficiente de transferencia de calor de una su-
 perficie lisa.

20 f = Factor de Fricción de Soplado de la superficie
 alterada.

f_0 = Factor de Fricción de Soplado de una superficie
 lisa.

25 La relación R relaciona la mejora en el régimen de --
 transferencia de calor con las pérdidas de flujo de fluido
 por fricción asociadas con la mejora. Por ejemplo, para -
 sistemas en los cuales R es la unidad, el tanto por ciento
 de aumento en el régimen de transferencia de calor es igual
 al tanto por ciento de aumento en las pérdidas por fricción.
 30 En la técnica anterior se informa sobre valores de R que -

1 -se aproximan a 1,0 para superficies que mejoran en 2-3 ve
ces el régimen de transferencia de calor.

5 En esta memoria se describen un dispositivo de trans-
ferencia de calor activada en que se usa un tubo metálico
con medios de activación en el substrato de la superficie
interior, un cambiador de calor del tipo de haces de tubos
y envuelta, y un método de transferencia de calor activada
para fluidos que fluyen a través de un tubo metálico.

10 En el aspecto de aparato de este invento, protegido -
en la solicitud de patente española Nº 462.206, de la que
esta es divisional, se ha previsto un método de transferen
cia de calor activada que hace uso de un tubo metálico que
tiene un substrato de superficie interior y una sola capa
15 de cuerpos metálicos distribuidos aleatoriamente unido ca-
da uno de ellos individualmente al substrato y espaciados
entre sí y rodeados sustancialmente por el substrato, de -
modo que se forme un espacio vacío de cuerpos. El diáme--
tro interior eficaz del tubo y la altura del cuerpo están
relacionados entre sí de tal modo que en la relación e/D ,
20 en la que e es la media aritmética de las alturas de los -
cuerpos en el substrato y D es el diámetro interior eficaz
del tubo, e/D vale al menos 0,006, y el espacio vacío de -
cuerpos está comprendido entre el 10% y el 90% del área to
tal del substrato. Cuando se usa el dispositivo de trans-
25 ferencia de calor activada descrito en lo que antecede pa-
ra transferencia de calor perceptible, e/D es menor que --
0,02.

30 En esta memoria se describe, además, un cambiador de
calor que tiene una multiplicidad de tubos metálicos alinea
dos longitudinalmente, espaciados transversalmente unos de

1 - otros y unidos por los extremos opuestos por colectores -
de entrada de fluido y de descarga de fluido; y medios de
envuelta que rodean a dichos tubos que tienen medios para
5 introducción de fluido y para extracción de fluido, tenien-
do cada tubo un substrato de superficie interior y un - -
substrato de superficie exterior. La mejora comprende --
una sola capa de cuerpos metálicos distribuidos aleatoria-
mente, cada uno de los cuales está unido individualmente
al substrato de superficie interior, espaciados unos de -
10 otros y rodeados sustancialmente por el substrato de su-
perficie interior de modo que se forme un espacio vacío -
de cuerpos. El diámetro interior eficaz del tubo y la al-
tura del cuerpo están en relación entre sí de tal modo --
que en la relación e/D , en la que e es la media aritmética
15 de las alturas de los cuerpos en el substrato de superfi-
cie interior y D es el diámetro interior eficaz del tubo,
 e/D vale al menos 0,006 y el espacio vacío de cuerpos es-
tá comprendido entre el 10% y el 90% del área total del -
substrato de superficie interior. Una capa múltiple de -
20 partículas metálicas apiladas están unidas integralmente
entre sí y al substrato de la superficie exterior para --
formar poros interconectados de tamaño capilar que tienen
un radio de poro equivalente menor que aproximadamente --
0,114 mm. La combinación de esta capa (para transferen-
25 cia de calor por ebullición activada) con la capa simple
de cuerpos metálicos proporciona coeficientes de transfe-
rencia de calor activada adaptados en cada lado de la pa-
red del tubo metálico, y un cambiador de calor y un méto-
do de transferencia de calor de notable eficacia.

30 El presente invento se refiere, por tanto, a un méto-

1 do para activar la transferencia de calor entre un primer
fluido a una primera temperatura de entrada y un segundo
fluido a una segunda temperatura inicial, sustancialmente
5 diferente de dicha primera temperatura de entrada, en un
cambiador de calor en el que dicho primer fluido es hecho
fluir a través de al menos un tubo metálico en relación -
de transferencia de calor con el segundo fluido exterior
a dicho tubo. Se ha previsto una sola capa de cuerpos me-
tálicos distribuidos aleatoriamente, estando cada cuerpo
10 unido individualmente al substrato de superficie interior
del tubo y espaciados entre sí y rodeados sustancialmente
por el substrato de modo que se forme un espacio vacío de
cuerpos, estando el diámetro interior eficaz del tubo y -
la altura del cuerpo relacionados entre sí de tal modo --
15 que en la relación e/D , en la que e es la media aritmé-
tica de las alturas de los cuerpos en el substrato y D es -
el diámetro interior eficaz del tubo, e/D vale al menos -
0,006 y el espacio vacío de cuerpos está comprendido en--
tre el 10% y el 90% del área total del substrato. El pri-
20 mer fluido es hecho pasar a través del tubo en condicio-
nes de flujo turbulento en parte al menos del tubo, de --
tal modo que su Número de Reynolds equivalente en tal par-
te del tubo es de al menos 9.000.

25 En una realización preferida del método antes descri-
to para transferencia de calor perceptible activada, el -
primer fluido pasa a través del tubo exclusivamente en la
fase líquida en contacto con la superficie de la capa de
cuerpos metálicos con una relación de coeficiente de - -
transferencia de calor con respecto a una superficie de -
30 tubo lisa h_s/h_o de al menos 1,8 y una relación de Factor

1 de Fricción de Soplado de una superficie interior de tubo
lisa a dicha superficie con capas de cuerpos metálicos --
 f_s/f_o tal que la Relación de Producto Total $h_s f_o/h_o f_s$ es
5 de al menos 0,95. En otro método preferido para transfe-
rencia de calor de condensación activada, el primer flui-
do es condensado al menos parcialmente mientras pasa a --
través de dicho tubo en contacto con la superficie de una
sola capa de cuerpos metálicos con una relación de coefi-
ciente de transferencia de calor, a la de una superficie
10 de tubo lisa, h_c/h_o de al menos 2,5 y una relación de Fac-
tor de Fricción de Soplado de una superficie interior de
tubo liso a dicha superficie de una sola capa de cuerpos
metálicos f_o/f_c tal que la Relación de Producto Total --
 $h_c f_o/h_o f_c$ vale al menos 1,4.

15 En los sistemas en los que interviene flujo de flui-
do turbulento, puede existir una subcapa de fluido lami--
nar en los límites entre fases que imponga una resisten--
cia al cambio de calor entre fases. La resistencia es di-
rectamente proporcional al grueso de la capa laminar y en
20 el intercambio de calor entre la pared del tubo y el flui-
do que fluye esa resistencia controla el régimen de trans-
ferencia de calor. En la transferencia de calor percepti-
ble, se forma una sola subcapa de fluido laminar en la pa-
red interior del tubo y la superficie de capas de cuerpos
25 metálicos de este invento funciona como un dispositivo --
disruptor del flujo, el cual promueve una transición de --
comportamiento de flujo laminar a flujo turbulento en la
subcapa de fluido, reduciéndose con ello su profundidad y
su resistencia a la transferencia de calor.

30 En los sistemas en los que interviene la transferencia

1 de calor de condensación en los cuales se introduce un va
por casi saturado dentro de un tubo para que fluya a su -
través y sea enfriado por contacto con la pared del tubo
enfriada, las condiciones de flujo de fluido de condensa-
5 ción varían a lo largo de la longitud axial del tubo como
consecuencia de la acumulación de condensado. Se ha de-
terminado que se desarrolla una primera condición en el -
extremo de entrada del dispositivo de transferencia de ca-
lor activada, en la cual la superficie de capas de cuer-
10 pos metálicos está esencialmente desprovista de condensa-
do y la resistencia principal a la transferencia de calor
está representada por la subcapa de fase de vapor laminar
que se forma en el substrato de superficie interior del -
dispositivo (ilustrada como Zona I en la figura 7). Se -
15 desarrolla una segunda condición con la formación de con-
densado, en la cual la acumulación de condensado líquido
sobre la superficie de capas de cuerpos metálicos aisla -
térmicamente esa parte de la pared interior del tubo y el
camino primario que sigue el flujo de calor es a través -
20 de aquella parte de los cuerpos metálicos que se extien-
den por encima de la profundidad de condensado acumulado
(ilustrada como Zona II en la Figura 7). Existe una ter-
cera condición en la sección de salida del dispositivo de
transferencia de calor activada que implica una acumula-
25 ción de condensado hasta una profundidad que excede de la
altura "e" de los cuerpos metálicos (ilustrada como Zona
III en la Fig. 7). En la sección de salida existen dos -
límites entre fases: uno está asociado con la superficie
de separación de vapor-líquido y el otro está asociado --
30 con la superficie de separación de líquido-pared. Se ha

1 - desarrollado un modelo matemático para estudiar las caracte-
rísticas de funcionamiento de este dispositivo de trans-
ferencia de calor activada en la transferencia de calor -
de condensación, y el mismo establece que en los tubos de
5 longitud comercial, es decir, de longitud mayor que 1,5 -
metros, la condición de la sección de salida (Zona III) -
prevalece en la mayor parte de la longitud del tubo, y --
que la capa laminar de líquido que está asociada con la -
superficie de separación de líquido-pared impone una re--
10 sistencia al flujo de calor que controla el régimen de --
condensación en esa sección.

Se ha determinado que en la mayor parte de la exten-
sión axial del tubo la resistencia que controla el régi--
men de transferencia de calor de condensación está asocia-
15 da con la superficie de separación de fluido-pared, de mo-
do que la superficie de la capa simple de cuerpos metáli-
cos es eficaz para activar la transferencia de calor en -
esa mayor parte. En consecuencia, la transferencia de ca-
lor perceptible y la transferencia de calor de condensa--
20 ción interno comparten un mecanismo común que supone la -
creación de turbulencia en la subcapa de fluido que, por
lo demás, es laminar, que existe en la pared interior del
tubo.

En un flujo de fluido turbulento, la reducción de la
25 presión experimentada por el fluido está en relación con
los esfuerzos de cizalladura creados en los límites entre
fases. En la transferencia de calor perceptible, existe
un solo de tales límites entre fases en la pared interior
del tubo. La misma turbulencia que la presente superfi--
30 cie de capa de cuerpos metálicos promueve para activar la

1 -transferencia de calor aumenta, además, desafortunadamen-
te, los esfuerzos de cizalladura que son activos a lo lar-
go del límite entre fases, aumentando con ello la caída -
de presión experimentada por el fluido. No obstante, las
5 operaciones de transferencia de calor de condensación im-
plican los dos límites entre fases descritos en lo que an-
tecede; uno que está asociado con la superficie de separa-
ción de vapor-líquido y el otro con la superficie de sepa-
ración de líquido-pared. Los esfuerzos de cizalladura ---
10 son operantes en cada uno de los límites entre fases y la
pérdida de energía total es la suma de las pérdidas sepa-
radas experimentadas en cada uno de los límites entre fa-
ses. Se ha determinado que el dispositivo de transferen-
cia de calor activada de este invento no afecta significa-
15 tivamente a las condiciones de flujo en la superficie de
separación de vapor-líquido ni a las pérdidas de energía
asociadas con ella. En consecuencia, el indeseado aumen-
to fraccionario, pero inevitable, de caída de presión de
fluido (con relación a las características del comporta-
20 miento de un tubo de pared interior lisa) que se experi-
menta en la puesta en práctica de este invento, es de ma-
yores consecuencias en la transferencia de calor percepti-
ble.

En la puesta en práctica de este invento, la determi-
25 nación del espacio vacío de cuerpos se efectúa ampliando
una vista en planta de la superficie activada y contando
visualmente el número de cuerpos metálicos por unidad de
área de substrato. El área ocupada por un cuerpo metáli-
co está relacionada directamente con las dimensiones del
30 cuerpo metálico y el recuento visual proporciona un medio

1 para determinar el área ocupada por los cuerpos metálicos por unidad de área de sustrato. El espacio vacío de la superficie activada es el área desocupada y se expresa --- aquí como un tanto por ciento del área del sustrato.

5 Como se describirá aquí en lo que sigue en relación con la preparación de dispositivos de transferencia de calor activada para experimentos de transferencia de calor perceptible y de condensación, los cuerpos metálicos pueden comprender, por ejemplo, una mezcla de cobre, como el
10 componente principal, y fósforo (un ingrediente de la aleación para soldadura fuerte) como un componente secundario. En otra realización útil comercialmente, los cuerpos metálicos pueden comprender una mezcla de hierro como componente principal y fósforo y níquel (este último para resistencia a la corrosión) como componentes secundarios. -

15 La Fig. 1 es una microfotografía de una vista en -- planta mirando hacia abajo sobre una sola capa de cuerpos metálicos distribuidos aleatoriamente, cada uno de los --
20 cuales está unido a un sustrato tubular (ampliación de diez aumentos).

La Fig. 2 es una vista en alzado esquemática de un dispositivo de transferencia de calor activada para poner en práctica el método de acuerdo con el invento, tomada en corte.

25 La Fig. 3 es una microfotografía de una vista en alzado de un dispositivo de transferencia de calor activada con la única capa de cuerpos metálicos unida al sustrato de superficie interior y una capa de ebullición porosa de partículas metálicas apiladas unidas a la superficie exterior (ampliación de 50 aumentos).
30

1 La Fig. 4 es un gráfico de la relación del coeficiente de transferencia de calor h_s/h_o en función del valor $e/d \times 10^3$ para transferencia de calor perceptible para agua.

5 La Fig. 5 es un gráfico de la Relación de Producto $h_s f_o/h_o f_s$ en función del valor de $e/D \times 10^3$ para transferencia de calor perceptible para agua.

10 La Fig. 6 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema para enfriar agua empleando el dispositivo de transferencia de calor activada para poner en práctica el método de este invento para transferencia de calor perceptible.

15 La Fig. 7 es una vista en alzado esquemática de un dispositivo de transferencia de calor de condensación activada mostrando tres zonas distintas.

20 La Fig. 8 es un gráfico del coeficiente de transferencia de calor de condensación en función del caudal de Refrigerante-12 para producto parcialmente condensado de baja calidad de salida, usando el dispositivo de transferencia de calor activada y un tubo metálico de superficie interior lisa.

25 La Fig. 9 es un gráfico de la caída de presión en función del caudal de Refrigerante-12 para producto parcialmente condensado de baja calidad de salida usando el dispositivo de transferencia de calor activada y un tubo metálico de superficie interior lisa para condensación.

30 La Fig. 10 es un gráfico del coeficiente de transferencia de calor de condensación en función del caudal de Refrigerante-12 para producto parcialmente condensado de alta calidad de salida usando el dispositivo de transfe--

1 -rencia de calor activada y un tubo metálico de superficie interior lisa.

5 La Fig. 11 es un gráfico de la caída de presión en función del caudal de Refrigerante-12 para producto parcialmente condensado de alta calidad de salida usando el dispositivo de transferencia de calor activada y un tubo metálico de superficie interior lisa para condensación.

10 La Fig. 12 es un gráfico del coeficiente de transferencia de calor de condensación y la caída de presión para Refrigerante-12 en función del valor e/D para un tubo de 3 metros con un flujo de calor Q/A de 5.425 cal/hora-cm².

15 La Fig. 13 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de separación de hidrocarburo etilénico superior, empleando el dispositivo de transferencia de calor activada para poner en práctica el método de este invento para transferencia de calor de condensación.

20 La Fig. 1 es una microfotografía de una sola capa de cuerpos metálicos distribuidos aleatoriamente, cada uno unido a un substrato tubular. Esta superficie de capa única fue preparada tamizando primeramente cobre en polvo para obtener una fracción clasificada por tamaños, es decir, que pasaba por el tamiz de 250 micras de abertura de malla y era retenida por el tamiz de 149 micras de abertura de malla, y mezclado en seco con aleación para soldadura fuerte de fósforo-cobre de un tamaño que pasaba por el tamiz de 44 micras de abertura de malla del 92% de cobre 8% de fósforo en peso. La mezcla en seco fue formulada en la relación de cuatro partes en peso de cobre a una parte de aleación de fósforo-cobre. La mezcla en seco --

1 - fue subsiguientemente convertida en pasta en una solución
del 6% en peso de poliisobutileno en keroseno. La mezcla
resultante fue expuesta a la atmósfera a la temperatura -
ambiente permitiéndose con ello que se evaporase el kero-
5 seno. Así tratadas, las partículas de aleación para soldadura fuerte de fósforo-cobre fueron dispuestas uniforme-
mente sobre, y sujetas por el recubrimiento de poliisobu-
tileno a, la superficie de las partículas de cobre. El -
polvo estaba seco al tacto y fluía libremente. Un tubo -
10 de cobre de 17,25 mm de diámetro interior y 19,05 mm de -
diámetro exterior fue recubierto con una solución al 10%
de poliisobutileno en keroseno, llenando para ello el tu-
bo con la solución y drenando a continuación la misma del
tubo. A continuación, las partículas previamente recubier-
15 tas fueron vertidas a través del tubo, recubriéndose con
ello el substrato de superficie interior con partículas -
previamente recubiertas. El tubo fue horneado a 871°C du-
rante 15 minutos en una atmósfera de amoniaco disociado,
fue enfriado y luego ensayado en cuanto a características
20 de transferencia de calor y de fricción por flujo de flui-
do como un dispositivo de transferencia de calor activa--
da. Es de hacer notar que los cuerpos metálicos distri-
buidos aleatoriamente pueden comprender una multiplicidad
de partículas unidas entre sí o bien una sola partícula -
25 relativamente grande. Este método de pre-recubrimiento -
no es del invento sino del de Robert C. Borchert reivindi-
cado en la solicitud de patente española Nº 462.208 pre--
sentada el 8 de Septiembre de 1977, a nombre de la firma
solicitante.

30 El dispositivo de transferencia de calor activada --

1 -- antes descrito puede caracterizarse en términos de la re-
lación e/D en que e es la media aritmética de las alturas
de los cuerpos sobre el substrato de la superficie inte-
rior del tubo y D es el diámetro interior eficaz del tubo.
5 También se caracteriza por el tanto por ciento que repre-
senta el espacio vacío de cuerpos con respecto al área to-
tal del substrato, es decir, el tanto por ciento del área
total del substrato no cubierta por la base de los cuer-
pos. Estos valores característicos se han ilustrado en -
10 la vista en alzado esquemático de la Fig. 2 representándo-
se por "S" la parte del espacio vacío de cuerpos. Sobre
la base de estos valores característicos, el dispositivo
de ensayo antes descrito tiene un valor e de 0,213 mm, un
valor D de 17,25 mm, y un espacio vacío de cuerpos de - -
15 aproximadamente el 50% del área total del substrato.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo esquemático del --
sistema para enfriar agua de ensayo usado para demostrar
las características de transferencia de calor y de flujo
de fricción del dispositivo de transferencia de calor ac-
20 tivada antes descrito, y representa además un uso comer-
cial típico en potencia del mismo. El agua es calentada
por intercambio de calor indirecto con vapor de agua en -
un cambiador de calor identificado como "Q" y bombeada --
por la bomba de agua 2 al enfriador de agua 3, donde es -
25 enfriada por intercambio de calor con el refrigerante de
ebullición R-22. El refrigerante vaporizado R-22 descar-
gado desde el enfriador de agua 3 es vuelto a poner a pre-
sión en el compresor 4, condensado por intercambio de ca-
lor con el agua de refrigeración en el condensador 5, ex-
30 pandido a través de la válvula 6 y hecho retornar al en--

1 -friador de agua 3. Se midieron las relaciones de caída -
de presión-caudal para el dispositivo de transferencia de
calor activada y tubo del mismo tamaño sin la superficie -
con la capa de cuerpos metálicos sobre la pared interior,
5 es decir, de una pared lisa. En cada caso la superficie -
externa del tubo fue recubierta con una capa múltiple de -
partículas de cobre apiladas unidas integralmente entre sí
para formar poros interconectados de tamaño capilar, de la
manera descrita en la Patente para los EE.UU. nº 3.384.154
10 de R. R. Milton (capa de ebullición porosa).

La activación de la transferencia de calor percepti--
ble del dispositivo de ensayo antes descrito y de otros --
dispositivos similares preparados por el método de pre-re-
cubrimiento antes descrito se ha ilustrado en la Fig. 4.

15 Todos los dispositivos de transferencia de calor acti-
vada usados en los ensayos resumidos en los gráficos de --
las figuras 4 y 5 eran idénticos al dispositivo anterior--
mente descrito, con la excepción de los valores de la altu-
ra e de los cuerpos metálicos, como sigue: 0,076 mm, 0,127
20 mm, 0,165 mm, 0,213 mm, 0,274 mm, 0,358 mm, 0,505 mm. El
gráfico de la Fig. 4 ilustra que la activación del régimen
de transferencia de calor perceptible proporcionada por --
los dispositivos de este invento aumenta con el valor de -
e/D hasta un valor de aproximadamente 0,02 y luego h_s/h_o -
25 toma un valor constante de aproximadamente 2,5 al seguir -
aumentando el valor de e/D. La activación de transferencia
de calor se consigue a costa de un aumento de la aportación
de la energía, ya que la turbulencia actúa para aumentar -
el Factor de Fricción de Soplado, y se requiere una aporta-
30 ción de energía aumentada para bombear el fluido a través

1 del tubo. La relación h/f es un medio conveniente para -
analizar el valor de un dispositivo de transferencia de -
calor activada, y tal relación para una superficie activa
5 da h_s/f_s (donde s se refiere a la transferencia de calor
perceptible) o h_c/f_c (donde c se refiere a la transferen-
cia de calor de condensación) cada una dividida por tal -
relación para una superficie lisa h_o/f_o , indica si se re-
quiere una aportación de energía desproporcionada para --
conseguir un régimen de transferencia de calor mejorado.
10 Los dispositivos que presentan Relaciones de Producto To-
tal $h_s f_o / h_o f_s$ de al menos la unidad, activan el régimen de
transferencia de calor por un factor que es al menos igual
al aumento consiguiente en la resistencia al flujo de flui-
do.

15 En la práctica de este invento, se requieren relacio-
nes e/D de al menos 0,006 para conseguir una activación -
de la transferencia de calor suficiente como para justifi-
car el aumento de fricción, y para la transferencia de ca-
lor perceptible como se ha ilustrado en las Figs. 4 y 5 -
20 el valor de e/D no deberá exceder de 0,02, pues no se con-
siguen nuevas mejoras en el coeficiente de transferencia
de calor para valores más altos. En la Fig. 5 se ilustra
que, debido al aumento del Factor de Fricción de Soplado,
la Relación de Producto Total $h_s f_o / h_o f_s$ disminuye aproxi-
25 madamente de modo lineal para valores de la relación e/D
superiores a aproximadamente 12×10^{-3} .

30 En la puesta en práctica del método de este invento,
se hace pasar fluido a través del tubo bajo condiciones -
de flujo turbulento en parte al menos de dicho tubo, de -
tal modo que su Número de Reynolds equivalente en tal par-

1 -te de tubo sea de al menos 9.000. Tal como se usa aquí,
el "Número de Reynolds Equivalente" está basado en el pro-
cedimiento indicado en Ikers, W. W., Rosson, H.F., Chem.
5 Eng. Prog., Symp. Ser. 56, nº 30, pág. 145-149 (1959) sola-
mente cuando fluyen a través del tubo dos fases (gas y lí-
quido). Cuando el flujo es solamente de una fase, el Nú-
mero de Reynolds equivalente es el mismo que el Número de
Reynolds, usual de modo que para la transferencia de ca-
10 lor perceptible, como por ejemplo la que se pone en prác-
tica en los ensayos resumidos por los datos de las figu-
ras 4 y 5, se emplea el método usual para calcular el Nú-
mero de Reynolds. A menos que el Número de Reynolds equi-
valente sea de al menos 9.000, no existe flujo turbulento
15 en el tubo a lo largo del cual es interrumpida la pelícu-
la laminar característica por la superficie de la capa de
cuerpos metálicos de este invento. En los ensayos antes
descritos, los Números de Reynolds equivalente estaban en
el margen de 18.000 a 65.000.

20 Es también de hacer notar que este invento no queda
limitado a tubos de sección transversal circular, sino --
que se prevé el uso de los de sección transversal no cir-
cular, como por ejemplo de configuración ovalada, median-
te la identificación del valor D como el diámetro interior
25 eficaz del tubo. Tal como aquí se usa, el "diámetro inte-
rior eficaz" es igual a cuatro veces el radio hidráulico
del tubo, como se ha descrito, por ejemplo, en el "Chem-
ical Engineers Handbook", de Perry, página 107, Segunda --
Edición, (editado en 1941).

30 Como se ha dicho anteriormente, en la puesta en prác-
tica de este invento el espacio vacío de cuerpos está com-

1 prendido entre el 10% y el 90% del área total del substrato y, de preferencia, entre el 30% y el 80% de la misma. En los ensayos antes descritos, todos los dispositivos de transferencia de calor activada estaban caracterizados --
5 por un espacio vacío de cuerpos de aproximadamente el 50%. En otros ensayos, se obtuvieron coeficientes de transferencia de calor perceptible ligeramente inferiores, pero todavía aceptables, con dispositivos de transferencia de calor activada con aproximadamente el 80% de espacio vacío,
10 y parece que se conseguiría una activación de transferencia de calor sustancial con espacios vacíos de hasta aproximadamente el 90% del área total del substrato. Debe admitirse que con un número menor de cuerpos metálicos por unidad de área, el Factor de Fricción de Soplado disminuye deseablemente. Por otra parte, los ensayos han indicado que con el 20% de espacio vacío el coeficiente de transferencia de calor perceptible es sustancialmente el mismo que con el 20% de espacio vacío, aunque el Factor de Fricción de Soplado aumenta sustancialmente. Los ensayos de
15 transferencia de calor perceptible antes descritos ilustran un método preferido para transferencia de calor activada de acuerdo con este invento, en el que el primer -- fluido pasa a través del tubo exclusivamente en la fase líquida en contacto con la superficie de la capa de cuerpos metálicos. En este método, el primer fluido y el segundo fluido son puestos en contacto en condiciones (de temperatura, presión y caudal) tales que la relación del coeficiente de transferencia de calor del primer fluido --
20 al de una superficie de tubo lisa h_s/h_o es de al menos -- 1,8 y la relación del Factor de Fricción de Soplado de --

1 una superficie interior de tubo lisa a la superficie de -
 una sola capa de cuerpos metálicos f_o/f_s es tal que la Re-
 lación de Producto Total $h_s f_o/h_o f_s$ es de al menos 0,95. -
 5 En consecuencia, parece que no puede justificarse el au-
 mento de la caída de Presión experimentada en los espacios
 vacíos de cuerpos por debajo del 10% del área total del -
 substrato.

10 En el método de recubrimiento previo antes descrito
 para preparar el dispositivo de transferencia de calor ac-
 tivada, se preparó el polvo metálico por tamizado para ob-
 tener el valor e deseado de la altura del cuerpo. En par-
 ticular, se comprobó que la media aritmética de la abertu-
 ra de tamiz mínima a través de la cual pasaban las partí-
 culas y la abertura de tamiz máxima sobre la cual eran re-
 15 tenidas las partículas, es equivalente a e. Estas rela-
 ciones se exponen en la siguiente Tabla A.

20

25

30

16117

1

TABLA A

	Tamiz Standard U.S. (Normal EE.UU)	Abertura de malla (micras)	e micras
5	270	53	
	230	63	
	170	88	76 (pasan por el tamiz 170 y son retenidas por el 230).
	120	125	
10	100	149	137 (pasan por el tamiz 100 y son retenidas por el 120).
	80	177	165 (pasan por el tamiz 80 y son retenidas por el 100).
15	60	250	213 (pasan por el tamiz 60 y son retenidas por el 80).
	50	297	274 (pasan por el tamiz 50 y son retenidas por el 60).
20	40	420	358 (pasan por el tamiz 40 y son retenidas por el 50).
	30	595	505 (pasan por el tamiz 30 y son retenidas por el 40).
25	20	841	

Es importante comprender que la superficie de cuerpos metálicos de la capa simple de este invento es bastante diferente a la superficie de ebullición porosa de capas múltiples antes mencionada, en la cual las partículas metálicas están apiladas y unidas integralmente entre sí

30

16117

1 y a un substrato para formar poros interconectados de tama-
 ño capilar. Esta diferencia se ha ilustrado en la microfotografía de la Fig. 3 y las características de comporta-
 5 miento se han demostrado mediante una serie de ensayos en los cuales tubos de cobre de 17,25 mm de diámetro interior fueron recubiertos interiormente con una capa simple y con capas múltiples de partículas de polvo de cobre de diver-
 10 sos márgenes de tamaños de partículas. Estos tubos recubiertos interiormente fueron ensayados en el sistema enfriador de agua de la Fig. 6 usando agua como el fluido de transferencia del calor perceptible del fluido circulando a través del tubo con un Número de Reynolds de 35.000 y con un Número de Prandtl de 10,0. Los resultados de este ensayo se han resumido en la Tabla B siguiente:

15 TABLA B

Tubo Nº	Tamaño de partículas (apertura de malla del tamiz) (micras)	e/D	h_s/h_o	f_s/f_o	Relación	Número de capas
	de Produc to Total					
20 1	44	< 0,0029	1,05	1,42	0,74	múltiples
2	88/63	0,0044	1,23	1,23	1,00	simple
3	250/177	0,012	2,1	2,70	0,78	múltiples
4	250/177	0,92	2,05	1,96	1,05	simple
25 5	420/297	0,021	2,46	2,97	0,83	simple

25 A la vista de la Tabla B puede llegarse a la conclusión de que el Tubo Número 1 caracterizado por partículas relativamente finas en forma de múltiples capas es inadecuado para la puesta en práctica de este invento, ya que
 30 tanto la mejora de transferencia de calor perceptible como

1 la Relación de Producto Total son relativamente bajas. El
Tubo Número 2 no representa una realización del invento,
dado que el valor de e/D de 0,0044 es inferior al límite
inferior de 0,006. Es significativo que la activación de
5 transferencia de calor perceptible representada por la re-
lación de 1,23 es relativamente baja y sustancialmente --
igual a la Relación del Factor de Fricción de Soplado en
esa capa simple de cuerpos metálicos. El Tubo Número 3 -
es similar al Tubo Número 1, en el sentido de que lo ca--
10 racterizan capas múltiples de partículas metálicas apila-
das, pero las mismas son relativamente gruesas de tal mo-
do que el valor de e/D es de 0,012. Aunque la relación -
de 2,1 de activación de transferencia de calor percepti--
ble es razonablemente alta, la Relación del Factor de - -
15 Fricción de Soplado de 2,7 es todavía más alta, de modo -
que la Relación de Producto Total es inaceptablemente ba-
ja para la puesta en práctica de este invento. Los tubos
Números 1 y 3 ilustran que las capas múltiples de partícu-
las metálicas, en una configuración de tipo de superficie
20 porosa, proporcionan una activación de la transferencia -
de calor perceptible razonablemente alta, pero tienen co-
mo contrapartida pérdidas de energía del flujo de fluido
sustancialmente más altas debidas a la fricción, en con--
traste con la capa simple de cuerpos metálicos espaciados
empleada en este invento.

25 El Tubo Número 4, es de una sola capa de cuerpos me-
tálicos espaciados con el mismo valor de e/D que para el
Tubo Número 3 de múltiples capas de cuerpos. En la Tabla
B se ilustra que su relación de activación de la transfe-
30 rencia del calor perceptible es aproximadamente la misma

1 que para el Tubo Número 3, pero que la Relación del Factor
de Fricción de Soplado es sustancialmente más baja, de tal
modo que la Relación de Producto Total es ligeramente ma--
5 yor que la unidad. Para la mayoría de las aplicaciones de
este invento, el Tubo Número 4 representa un equilibrio --
preferido entre la transferencia de calor perceptible acti
vada con la contrapartida limitada de aumento de la fric--
ción del fluido. Si existe una necesidad particular de --
una máxima activación de la transferencia de calor percep-
10 tible, se podrían usar partículas ligeramente más gruesas
como las representadas por el Tubo Número 5 formado de par
tículas que proporcionan un valor de e/D de 0,021 y una re
lación de activación de transferencia de calor perceptible
de 2,46. Se observará que la Relación del Factor de Fric-
15 ción de Soplado es significativamente más alta para el Tu
bo Número 5 que para el Tubo Número 4, de tal modo que la
Relación de Producto Total disminuye a 0,83.

El anterior estudio del Tubo Número 5 puede generali-
zarse en relación con las Figs. 4 y 5. Con base en la --
20 Fig. 5 solamente, se podría llegar a la conclusión de que
no hay ventaja alguna en el empleo de las disposiciones --
de transferencia de calor antes descritas con relaciones --
de e/D superiores a aproximadamente 0,012, dado que la Re-
lación de Producto Total disminuye por debajo de la unidad.
25 No obstante, en la Fig. 4 se ilustra que la relación de ac
tivación de la transferencia de calor perceptible continúa
aumentando en esencia linealmente hasta un valor de e/D de
aproximadamente 0,020 de modo que en algunas aplicaciones
la longitud del tubo requerida para transferir una canti--
30 dad de calor específica es sustancialmente reducida, por --

1 ejemplo, a menos de la mitad de la requerida con tubos de
superficie interior lisa. Este empleo puede obtenerse --
con un moderado aumento en la potencia de bombeo, tal co-
mo viene reflejado por una más alta Relación de Factores
5 de Fricción de Soplado.

Para el dispositivo de transferencia de calor percep-
tible activada, el cambiador de calor y el método de este
invento, se prefiere formar los cuerpos metálicos de par-
tículas la parte principal de las cuales pasen por el ta-
miz de 250 micras de abertura de malla y sean retenidas -
10 por el tamiz de 177 micras de abertura de malla. En la -
Tabla A se ilustra que este dimensionado de las partícu--
las por tamices proporciona cuerpos metálicos de una media
aritmética de la altura e de aproximadamente 0,213 mm. --
15 También se prefiere usar tubos metálicos de un diámetro -
interior eficaz D comprendido entre 12,7 mm y 30,48 mm. -
La razón para estas preferencias es la de sus efectos (co-
mo viene reflejado en el valor de e/D) sobre h_s y f_s , co-
mo se ha ilustrado por ejemplo en las Figs. 4 y 5 y se ha
20 estudiado anteriormente.

Como se estudió anteriormente, la Fig. 7 ilustra las
tres zonas que pueden existir en un dispositivo de trans-
ferencia de calor activada usado para condensación, al me-
nos parcial, de un fluido que pasa a través del dispositi-
vo. Debe hacerse notar que la transferencia de calor de
25 condensación activada tiene lugar probablemente sólo en -
la longitud del tubo en la cual los cuerpos metálicos es-
tén expuestos al menos parcialmente al fluido que fluye -
en régimen de turbulencia. También se ha indicado ante--
30 riormente que la realización de condensación de este in--

1 -vento no es tan sensible al aumento de la caída de presión
del fluido como la realización de la transferencia de ca-
lor perceptible. En general, se ha determinado que el in-
vento proporciona coeficientes de transferencia de calor -
5 de condensación de 3-4 veces el obtenido con un tubo de pa-
red interior lisa y que, inesperadamente, el consumo de --
energía requerida para obtener el comportamiento mejorado,
es menor que el previsto por la técnica anterior. A modo
de ilustración, se ha observado que la relación de transfe-
10 rencia de calor de condensación activada h_c/h_o es mayor --
que 1,5 veces el Factor de Fricción de Soplado f_c/f_o .

En otra serie de experimentos, un tubo de transferen-
cia de calor activada para ser usado para ensayos de trans-
ferencia de calor de condensación fue preparado por el --
15 procedimiento general anteriormente indicado en relación --
con la preparación del dispositivo de transferencia de ca-
lor perceptible. No obstante, el polvo de cobre pasaba --
por el tamiz de 595 micras de abertura de malla y era rete-
nido por el de 420 micras, y las partículas pre-
20 tas de aleación de fósforo-cobre fueron unidas como cuer-
pos metálicos sobre el substrato de la superficie interior
de un tubo de cobre de 3 metros de longitud y de 14,53 mm
de diámetro interior. El tubo de transferencia de calor --
activada resultante tenía una relación e/D de 0,031 y un --
25 50% de espacio vacío de cuerpos.

El tubo así preparado fue ensayado en un sistema de --
Refrigerante-12 en cuanto a características tanto de trans-
ferencia de calor de condensación como de Factor de Fric-
ción de Soplado, y se comparó con un tubo liso usado para
30 condensación de Refrigerante-12 en idénticas condiciones.

Los resultados de estos ensayos se han resumido en los --
gráficos de las Figuras 8, 9, 10 y 11. Las figuras 8 y 9
son para condiciones de funcionamiento con un tanto por --
ciento de condensación relativamente alto de fluido de --
alimentación, es decir, una calidad de salida del 25-60%,
y las figuras 10 y 11 son para condiciones con un tanto --
por ciento de condensación relativamente bajo, es decir,
calidad de salida del 60-90%. La relación de activación
de transferencia de calor de condensación h_c/h_o era de --
2,4 para las condiciones de baja calidad de salida y de --
4,0 para las de alta calidad de salida. Las figuras 9 y
11 ilustran que la caída de presión experimentada por el
fluido en su paso a través del tubo de transferencia de --
calor activada aumentó, con relación a la caída de presión
experimentada en el tubo liso, solamente en un 68% y en un
105% respectivamente, para las condiciones de baja calidad
y de alta calidad de salida. En consecuencia, las Relacio
nes de Producto Total fueron de 1,43 para las condiciones
de baja calidad de salida (elevado tanto por ciento de con
densación) y de 1,95 para las condiciones de alta calidad
de salida (bajo tanto por ciento de condensación).

Se desarrolló un modelo matemático para predecir los
coeficientes de transferencia de calor de condensación y
los Factores de Fricción de Soplado para diversos fluidos
y condiciones de funcionamiento y se compararon con los --
resultados experimentales antes descritos. Se determinó
que la desviación entre los regímenes previsto y medido --
era relativamente pequeña, y en la Fig. 12 se refleja una
relación generalizada para el coeficiente de transferencia
de calor de condensación y la caída de presión aumentada

1 como funciones de e/D con Refrigerante-12 en una longitud
de tubo de 3 metros y con un flujo de calor Q/A de 5.425
cal/hora-cm². En la Fig. 12 se ilustra que la caída de -
5 presión aumenta aproximadamente al mismo régimen que el
coeficiente de transferencia de calor de condensación, y
esa relación existe para todas las aplicaciones del inven-
to cuando se usa para transferencia de calor de condensa-
ción activada.

10 En la Fig. 13 se ilustra una aplicación comercial en
potencia de este invento para transferencia de calor de -
condensación, en la que se alimenta una corriente de hi-
drocarburo etilénico de peso superior y de etileno a un -
fraccionador de múltiples etapas 11, y se extrae etileno
como el producto destilado a través del conducto 12. Es-
15 te último es totalmente condensado en una batería de cam-
biadores de calor 13 mediante flujo a través de tubos ho-
rizontales 14 en intercambio de calor con propileno que -
rodea a los tubos en una envuelta 15. El etileno conden-
sado es extraído parcialmente a través del conducto 16 co-
20 mo producto, y el resto es hecho retornar a la parte supe-
rior del fraccionador 11 a través del conducto 17 como re-
flujo.

25 Para el dispositivo de transferencia de calor de con-
densación activada, el intercambiador de calor y el méto-
do de este invento, se prefiere formar los cuerpos metáli-
cos de partículas, la parte principal de las cuales pase
por el tamiz de 595 micras de abertura de malla y sean --
retenidas en el tamiz de 250 micras de abertura de malla.
En la Tabla A se ilustra que ese dimensionado de los tama-
30 ños de las partículas proporciona cuerpos metálicos con -

1 una media aritmética de alturas e de aproximadamente --
0,419 mm. La razón para esta preferencia es el efecto de
la altura e en h_c y en Δp , como se ha ilustrado por --
ejemplo en la Fig. 12.

5 Los ensayos de transferencia de calor de condensación
antes descritos ilustran un método preferido para la trans-
ferencia de calor activada de acuerdo con este invento, --
en la que el primer fluido es condensado al menos parcial-
mente mientras pasa a través del tubo en contacto con la
10 superficie de la capa simple de cuerpos metálicos. En es-
te método el primer fluido y el segundo fluido son puestos
en contacto en condiciones (de temperatura, presión y cau-
dal) tales que la relación del coeficiente de transferen-
cia de calor del primer fluido al de una superficie de --
15 tubo liso (h_c/h_o) es de al menos 2,5 y la relación del --
Factor de Fricción de Soplado de una superficie interior
de tubo liso a dicha superficie de capa simple de cuerpos
metálicos f_o/f_c es tal que la Relación de Producto Total
20 $h_c f_o/h_o f_c$ es de al menos 1,4.

20 Aunque se han descrito con detalle realizaciones par-
ticulares del invento, comprenderán los expertos en la --
técnica de la transferencia de calor que se pueden llevar
a la práctica ciertas características sin otras, y que se
prevén modificaciones, todo ello dentro del alcance de --
25 las reivindicaciones.

30

16117

1

REIVINDICACIONES

5

10

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15

20

25

30

1ª.- Un método perfeccionado para transferencia de calor activada entre un primer fluido a una primera temperatura de entrada y un segundo fluido a una segunda temperatura inicial sustancialmente diferente de dicha primera temperatura de entrada en un cambiador de calor en el que dicho primer fluido es hecho circular a través de al menos un tubo metálico en relación de transferencia de calor con dicho segundo fluido exteriormente a dicho tubo, que comprende las fases de: proporcionar una capa simple de cuerpos metálicos distribuidos aleatoriamente, cada uno de ellos unido individualmente al substrato de la superficie interior del tubo, espaciados entre sí y rodeados sustancialmente por dicho substrato para formar un espacio vacío de cuerpos, estando el diámetro interior eficaz del tubo y la altura de los cuerpos en relación entre sí de tal modo que en la relación e/D , en la que e es la media aritmética de las alturas de dichos cuerpos sobre dicho substrato y D es el diámetro interior eficaz del tubo, el valor de e/D es de al menos 0,006 y el espacio vacío de cuerpos está comprendido entre el 10% y el 90% del área total del substrato; y

16117

1 - hacer pasar dicho primer fluido a través de dicho tubo bajo condiciones de flujo turbulento en parte al menos de dicho tubo, de tal modo que su Número de Reynolds Equivalente en tal parte del tubo sea de al menos 9.000.

5 2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que múltiples capas de partículas metálicas apiladas están unidas integralmente entre sí y al substrato de la superficie exterior del tubo para formar poros interconectados de tamaño capilar que tienen un radio de poro equivalente menor que 0,114 mm, la primera temperatura de entrada es más alta que la segunda temperatura inicial de dicho segundo fluido, el cual es sustancialmente líquido y es calentado hasta su punto de ebullición y es hecho hervir durante dicha transferencia de calor.

10

15 3ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que dicho primer fluido pasa a través de dicho tubo exclusivamente en la fase líquida en contacto con la superficie de capas de cuerpos metálicos, con una relación de coeficiente de transferencia de calor a una superficie de tubo liso h_s/h_o de al menos 1,8 y la relación del Factor de Fricción de Soplado de una superficie interior del tubo liso a dicha superficie de capas de cuerpos metálicos f_o/f_s es tal que la Relación de Producto Total $h_s f_o / h_o f_s$ es de al menos 0,95.

20

25 4ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que dicho primer fluido es condensado, al menos parcialmente, mientras pasa a través de dicho tubo en contacto con la superficie de capas de cuerpos metálicos con una relación de coeficiente de transferencia de calor al de una superficie de tubo liso h_c/h_o de al menos 2,5 y la relación --

30

1 del Factor de Fricción de Soplado de una superficie interior de tubo liso a dicha superficie de capas de cuerpos metálicos f_o/f_c tal que la Relación de Producto Total - $h_c f_o / h_o f_c$ es de al menos 1,4.

5 5ª.- "UN METODO PERFECCIONADO PARA TRANSFERENCIA DE CALOR ACTIVADA".

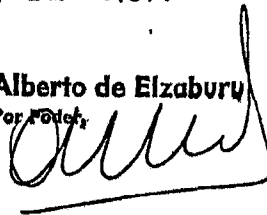
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de treinta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 22.NOV.1977

P.A.

15 **Alberto de Elizaburu**
Per. Fotot.



15

20

25

30

ARS/.

16117



1 EXPLICACION DE LAS MAGNITUDES DE LAS GRAFICAS DE LOS DIBU-
JOS.

Figuras 4 y 5.

Eje de ordenadas: h_g/h_0 para agua.

5 Eje de abscisas: $e/D \times 10^3$.

Figura 6.

Q = Cambiador de calor.

2 = Bomba.

3 = Enfriador de agua.

10 4 = Compresor refrigerante.

5 = Condensador refrigerante.

6 = Válvula de expansión.

7 = Agua enfriada.

Figuras 8 y 10.

15 Eje de ordenadas: Representa el coeficiente de transfe-
 rencia de calor, expresado en
 $\text{kcal/hr. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. (Los valores de la
 escala deben multiplicarse por $1/4.882$).

20 Eje de abscisas: Caudal del refrigerante l2, expresado
 en kg/hr. pie^2 . (Los valores de la es-
 cala deben multiplicarse por $1/4.882$).

Figuras 9 y 11.

25 Eje de ordenadas: ΔP expresado en kg/m^2 . (Los valores
 de la escala deben multiplicarse por
 $1/703$).

Eje de abscisas: Igual que en las figuras 8 y 10.

En dichas figuras 8 a 11 las curvas A se refie-
 ren a la superficie mejorada, en tanto que las curvas B
 se refieren a la superficie lisa.

1 Figura 12.

Eje vertical de la izquierda: Representa el coeficiente de transferencia de calor de condensación, expresado en $\text{kcal/hr.m}^2.\text{°C}$.

5 (Los valores de la escala deben multiplicarse por 1/488,2).

Eje vertical de la derecha: Representa la caída de presión en ΔP expresado en kg/m^2 .

10 (Los valores de la escala deben multiplicarse por 1/703).

Eje horizontal: Representa la relación e/D .

15

20

25

30

14088
(MLF)



FIG. 1

Alberto de Elzaburu
For Patent,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alberto de Elzaburu'. The signature is written in a cursive style with a long, vertical flourish on the right side. Below the signature is a horizontal line.

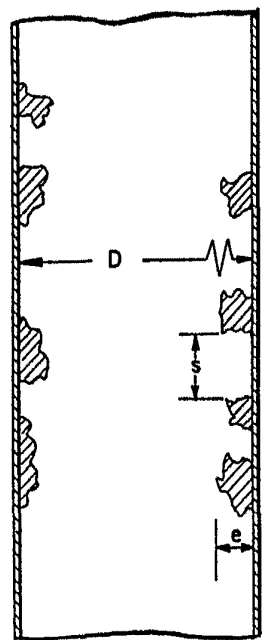


FIG. 2

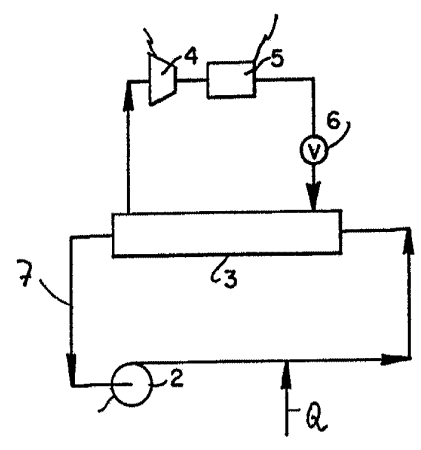


FIG. 6

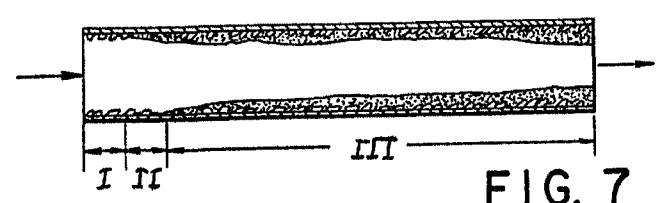


FIG. 7

Alberto de Elizabetu
Por Poder,
[Signature]

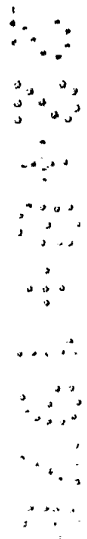
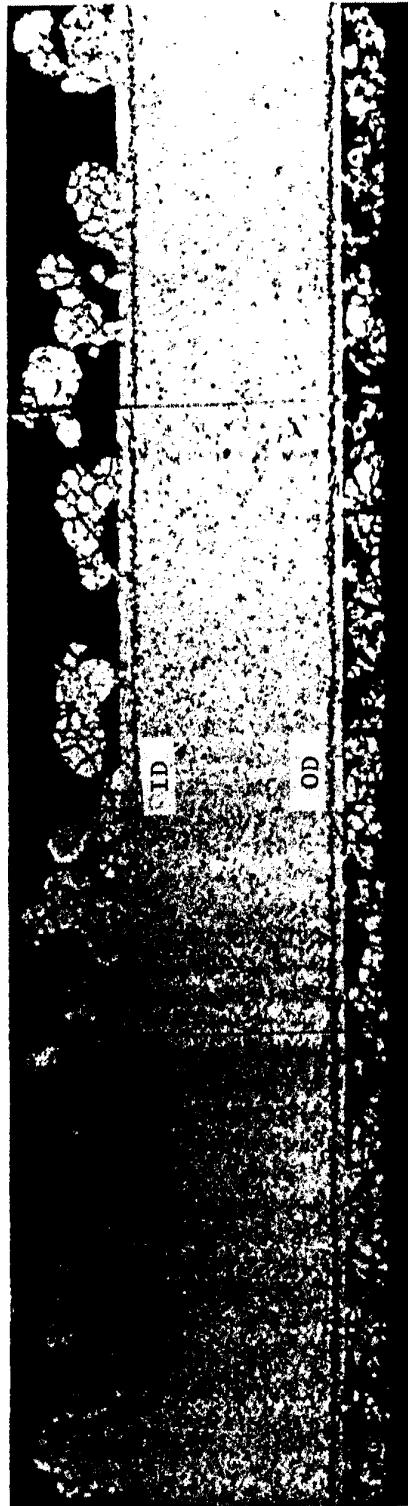
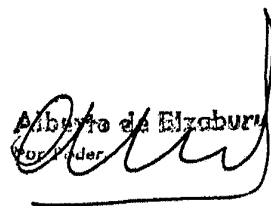


FIG. 3

Albany de Elizabeth
for order



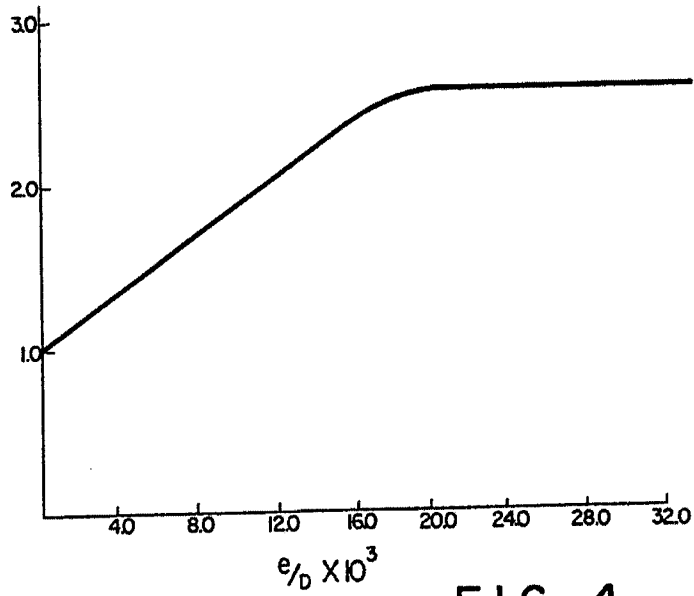


FIG. 4

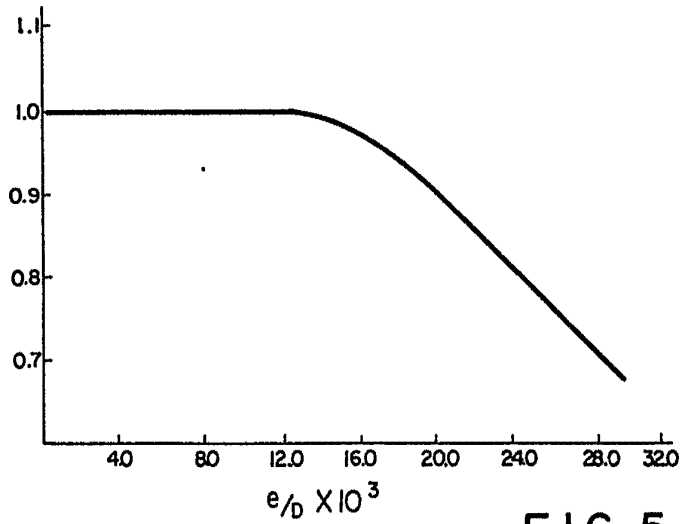


FIG. 5

Alberto de Elzabury
For Eder,

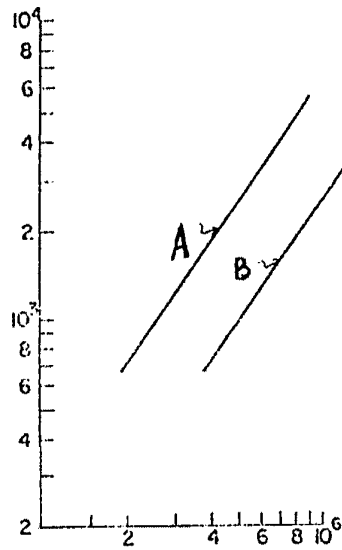
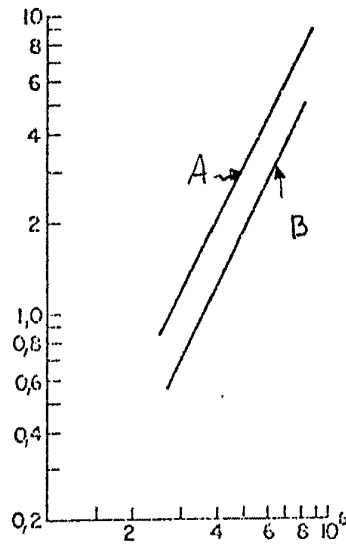


FIG. 8

FIG. 9



Alberto de Elzaburo
Per Eozon

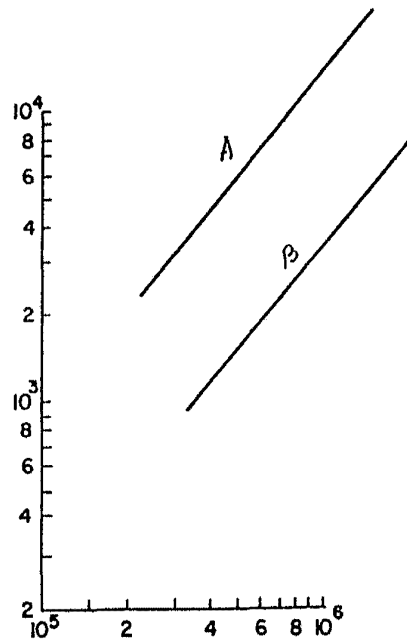
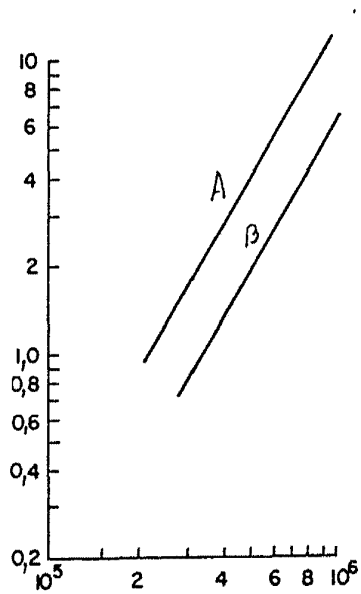


FIG. 10

FIG. II



A handwritten signature or set of initials in cursive script, located in the bottom right corner of the page.

FIG. 12

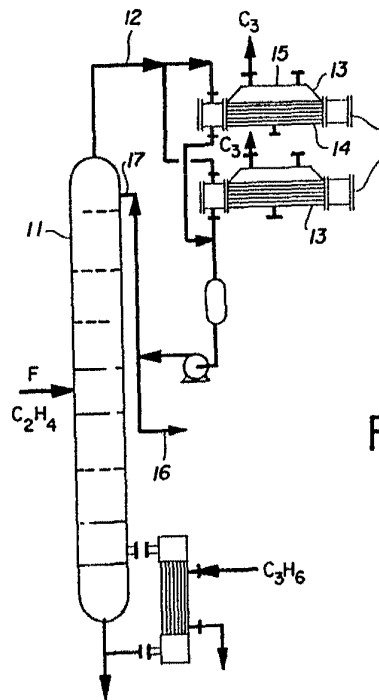
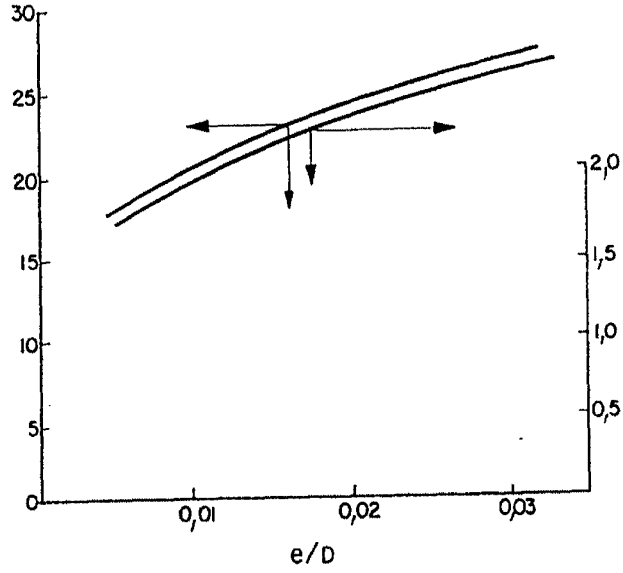


FIG. 13