

381186

26



SECC. DE ECONOMIA
CLASIFICACION
CLAS. F28
SUBCLAS. C

PATENTE DE INTRODUCCION

L-7285-R-

Memoria Descriptiva

sobre:

PROCEDIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CALOR A PARTIR DE UNA SUPERFICIE CALENTADA A UN LIQUIDO EN EBULLICION.

Solicitante

UNION CARBIDE CORPORATION., entidad norteamericana, residente en 270 Park Avenue, New York, N.Y.10017, EE.UU. de A.

La presente invención se refiere a unos perfeccionamientos aportados en la técnica de la transferencia de calor a partir de superficies calentadas a líquidos en ebullición.

5.

La transferencia de calor a grados eficaces, a partir de una superficie calentada a un líquido en ebullición que está en contacto, exige ordinariamente una importante diferencia de temperatura entre la superficie y el líquido, lo que afecta enormemente la eficacia de la trans

381186



- 2 -

- ferencia de calor. Un factor importante que regula esta eficiencia es la naturaleza de la superficie calentada en contacto con el líquido, siendo conocido que por ejemplo, superficies lisas en contacto con un líquido en ebullición producen pequeños coeficientes de transferencia de calor sobre la cara en contacto con el líquido en ebullición. Unos pequeños coeficientes de transferencia de calor hacia un líquido en ebullición restringen a menudo rigurosamente la capacidad de transferencia de calor de un aparato de ebullición. Por ejemplo, cuando el calor para la ebullición es proporcionado para un vapor que se condensa sobre una superficie lisa de transferencia de calor, el coeficiente de transferencia de calor de condensación puede ser fácilmente del orden de $0,271$ calorías-gramo/segundo/cm²°C, mientras que el coeficiente de transferencia de calor hacia el líquido en ebullición, sobre la superficie opuesta de la pared de transferencia de calor puede no ser más que de $0,01355$ a $0,0271$ calorías-gramo/segundo/cm²°C. Conforme al procedimiento usual de adición de las resistencias a la transferencia de calor, cuando las superficies de transferencia de calor de ebullición y de condensación tienen una superficie igual, el coeficiente global U de transferencia de calor es obtenido aproximadamente como sigue:

381186

- 3 -



$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_C} + \frac{1}{h_B}$$

y

$$U = \frac{h_B h_C}{h_B + h_C}$$

5. donde h_b y h_C representan respectivamente los coeficientes de transferencia de calor de ebullición y de condensación. Está claro que si h_B es pequeño relativamente para h_C , el valor de U se acerca a h_B y la mayor parte de la ventaja de este coeficiente de condensación elevado se pierde.

10. Los fines principales de la presente invención son: proporcionar un procedimiento para hacer hervir líquidos que producen coeficientes de transferencia de calor de ebullición que sean varias veces superiores a los obtenidos por superficies clásicas lisas o rugosas, y proporcionar un procedimiento susceptible de transferir a un líquido en ebullición grandes cantidades de calor con diferencias de temperaturas más reducidas que las requeridas en los procedimientos clásicos de transferencia de calor de ebullición.

15. 20. La presente invención se refiere a un procedimiento de transferencia de calor a partir de una fuente caliente hacia un líquido en ebullición, que presenta un parámetro Kelvin de $20 \sqrt{T_s / P_v}$ inferior a $0,001411 \text{ cm} \times \text{°K}$



donde:

σ = tensión superficial en dinas/cm.

T_S = tensión de saturación del líquido en ebullición correspondiente a la tensión de vapor del líquido (en $^{\circ}K$).

5.

P_V = masa volúmica de vapor (en g/cm^3).

λ = calor latente del líquido en ebullición (calorías g/g).

C = factor de conversión ($2,40 \times 10^{-8}$ calorías-gramo/dina-cm).

10.

Según este procedimiento, se proporciona un aparato de cambio de calor que tiene una pared térmicamente conductora, con una superficie porosa de ebullición para una de las caras de la pared. Esta capa porosa de ebullición está construida con partículas distintas térmicamente conductoras, de las que al menos algunas son suficientemente finas para pasar a través de un tamiz de 0,05 cm de abertura de mallas. Las partículas son unidas entre sí y a la pared, en una relación dada al azar, para formar una matriz uniforme, con poros intersticiales en interconexión, entre las partículas adyacentes que presentan un radio equivalente de poro comprendido entre 2,5 y 6,35 micrones. Esta capa porosa de ebullición es completamente cubierta por el líquido o por al menos una partícula del líquido, y la fuente de calor está en contacto con la

15.

20.

25.

381186



otra cara de la pared termicamente conductora, de tal forma que una cantidad suficiente de calor sea transferida a través de la pared para formar burbujas de vapor en la capa porosa de ebullición. El vapor se libera en forma de burbujas que emergen de la capa porosa de ebullición y que van a la porción de película líquida.

5.

Los parámetros Kelvin, para fluidos representativos, en la gama inferior a 0,001411 cm x °K, están indicados en el cuadro I.

10.

C U A D R O I

	<u>Fluido*</u>	<u>Parámetro Kelvin</u>
	Trifluoro-1,12-tricloroetano	0 001256
	Eter etílico	0 001256
	Fluorotriclorometano	0 001058
15.	Cloruro de etilo	0 001044
	n-penteno	0 00093
	n-Exano	0 00085
	Difluorodiclorometano	0 00079
	Alcohol etílico	0 00078
20.	Acetona	0 00076
	Propano	0 00062
	Propileno	0 00061
	Etano	0 00055
	Propileno a 1-1/2 atmósfera	0 00049
25.	Etileno	0 00045
	Metano	0 00031
	Oxígeno	0 00024
	Nitrógeno	0 00016

*bajo tensión de 1 atmósfera a menos que se diga lo contrario



En los dibujos adjuntos:

5. - la figura 1 representa un gráfico que ilustra la relación entre los radios equivalentes de poro para las capas porosas en ordenadas y la diferencia de temperatura para la cara de ebullición en abscisas, para el oxígeno curva B^1 y el fluorotriclorometano, curva B^2 , y

10. - la figura 2 representa una serie de gráficos que ilustran la relación entre el flujo de calor (en ordenadas) y la diferencia de temperaturas en la cara de ebullición, para el presente procedimiento, y unos procedimientos que utilizan superficies de ebullición lisas, capas porosas relativamente gruesas y ebullidores.

15. Conforme al procedimiento de la presente invención se dispone de una capa superficial porosa de ebullición que presenta una multitud de pequeños poros fijados sobre una pared termicamente conductora de un aparato de cambio de calor, para la transferencia de calor hacia un líquido. La capa superficial porosa de ebullición está formada de partículas termicamente conductoras fijadas integral y termicamente en conjunto para asegurar interconexiones de

20. poros de dimensiones capilares en el seno de la capa superficial porosa de ebullición. Los poros son proporcionados en gran número por unidad de superficie por una reducida cantidad de materia no porosa entre sí. La capa superficial porosa de ebullición se caracteriza por una ca-

25.



pilaridad pronunciada, que se será descrita con más detalle a continuación.

5. En virtud de los coeficientes elevados de transferencia de temperatura de ebullición producidos por la capa superficial porosa de ebullición, la diferencia de temperatura entre un líquido hirviente y su fuente de calor, puede ser sensiblemente disminuida obteniendo a la vez un grado notablemente elevado de transferencia de calor. Se ha encontrado que unas capas superficiales porosas de ebullición, según la presente invención, eran particularmente ventajosas en sistemas que exigen presiones elevadas para obtener una diferencia de temperatura necesaria. Por ejemplo en los tubos condensadores-rehervidores de una fábrica de separación de los elementos del aire a baja temperatura, donde el nitrógeno gaseoso más volátil que hierve normalmente a temperatura más baja es condensado por ebullición del oxígeno líquido menos volátil, se presuriza el nitrógeno suficientemente para aumentar su temperatura de condensación y llevarla, por encima de la temperatura de ebullición del oxígeno. Utilizando una capa superficial porosa de ebullición según el procedimiento de la presente invención, la diferencia de la presión necesaria entre los fluidos puede ser descendida y los gastos en general disminuidos.
- 10.
- 15.
- 20.
25. Una función importante de la capa superficial porosa de ebullición según la presente invención consiste en

381186

- 8 -



5. aumentar el coeficiente de transferencia de calor de ebullición. En la ecuación bien conocida de transferencia de calor $Q/A = h \Delta T$, la capa superficial porosa de ebullición aumenta netamente el valor del coeficiente "h". El efecto del aumento de este coeficiente puede ser utilizado de diversas formas. Se puede aumentar la cantidad total de calor transferida "U", la superficie "A" puede ser disminuida, se puede disminuir el valor " ΔT " o se pueden realizar diversas combinaciones de estas mejoras.

10. Por el hecho de que la presente invención mejora el coeficiente "h", se distingue de las aplicaciones de la técnica anterior, de los elementos porosos y de los dispositivos conocidos como "ebullidores" que son comunmente suspendidos o inmersos en el líquido hirviendo para disminuir la superficie y hacer la temperatura de la masa de líquido más próxima al equilibrio con la presión de vapor del líquido. Los ebullidores son a menudo materias no metá-

15. licas tales como la piedra pomez, que contienen poros relativamente gruesos, de dimensiones debidas al azar, de los cuales únicamente algunos tienen necesidad de ser activos. La tarea del ebullidor es relativamente fácil y simple, ya que el calor sensible representado por algunos grados de sobrecalentamiento en el líquido es comparativamente reducido y puede ser eficazmente disipado por un ligero grado de ebullición. La materia del ebullidor suspen-

20.
25.

381186

- 9 -



5. dido no tiene necesidad de ser termicamente conductora ya que no transfiere calor al líquido. El calor requerido para la ebullición en la superficie del ebullidor es transportada a ese punto por el líquido mismo bajo la forma de sobrecalentamiento. Por consiguiente, aunque un ebullidor suspendido pueda disminuir de un modo sustancial el sobrecalentamiento de la masa del líquido, debe subsistir un cierto grado de sobrecalentamiento en el líquido de tal forma que la ebullición se produzca sobre el ebullidor.

10. Por oposición con la técnica del ebullidor, la capa superficial porosa de ebullición según la presente invención es dispuesta sobre la pared caliente del dispositivo de ebullición, entre la pared caliente y el líquido a hervir, y su materia debe ser termicamente conductora. Su tarea es de las más difíciles de transferir una gran cantidad de calor con una resistencia muy debilitada al flujo del calor, es decir con una diferencia de temperatura disminuida entre la pared caliente y el líquido.

15. Esta diferencia de temperatura entre la pared caliente y el líquido saturado, que es una medida de la resistencia al transcurso del calor, es la de " ΔT " que aparecía en la ecuación clásica de transferencia de calor. Esta disminución se efectúa aquí aumentando el coeficiente de transferencia de calor de la capa superficial porosa de

20.

25.

381186

- 10 -



ebullición.

5. Pero si las materias construidas según la práctica aceptada para un ebullidor están dispuestas contra la pared caliente, no realizarán los resultados superiores de la presente invención. Para ser eficaz, la superficie porosa debe satisfacer a ciertas limitaciones concernientes al radio equivalente del poro, tal como será definido a continuación.

10. La delgadez extrema de la película de líquido en el interior de los poros es responsable se piensa, en una gran parte de la mejora afianzadora del coeficiente h de transferencia de calor obtenida según la presente invención. La entidad solicitante ha descubierto que esto es un efecto que tiene lugar en una proporción importante, únicamente en los muy pequeños poros, y no es importante en ebullidores concebidos esencialmente con vistas a disminuir el sobrecalentamiento. El comportamiento de los ebullidores es a la vez descrito e indicado por la combinación de las ecuaciones bien conocidas de GIBBS & CLAPEYRON que
15. ligan el potencial térmico requerido para el desarrollo de una burbuja (en términos de calentamiento del líquido que rodea a la burbuja) y la dimensión de la burbuja:
20.

$$r_c = \frac{2C\sigma}{T - T_S} \cdot \frac{T_S (P_L - P_V)}{P_L \cdot P_V \cdot \lambda}$$

381186

- 11 -



en la que r_c = radio de cavidad (intercambiable con el radio equivalente de poro r de las capas superficiales porosas de ebullición según la presente invención (en cm). Asimismo el radio aproximado de una burbuja que emerge de una cavidad de radio r_c).

5.

σ = tensión superficial (dinas/cm)

T = temperatura del líquido que rodea a una burbuja (°K)

10.

T_s = temperatura de saturación del líquido hirviente correspondiente a la tensión de vapor del líquido (°K)

P_L = masa volúmica del líquido (g/cm^3)

P_V = masa volúmica de vapor (g/cm^3)

15.

h = calor latente del líquido hirviente (calorías g/g)

C = factor de conversión: $2,39 \times 10^{-8}$ calorías g/dina.cm.

20.

El valor de T debe ser superior a T_s en una cantidad suficiente para provocar el aumento de una burbuja de radio r_c contra la tensión superficial. Por lo tanto $T - T_s$ representa el sobrecalentamiento mínimo requerido para entretener el proceso de ebullición. Según la ecuación de GIBBS & CLAPEYRON, el sobrecalentamiento necesario para el aumento de una burbuja es reducido, es decir que $T - T_s$ es más pequeño, por el aumento de r_c y por

25.



Lo tanto un ebullidor debe ser cosntruido con una superficie porosa que presente poros tan amplios como sea posible y que puedan todavía retener el gas o el vapor encerrado y necesarios para activar los lugares de formación de burbujas, En la figura 1, abscisas: diferencias de temperaturas del lado de ebullición $^{\circ}\text{C}$; ordenadas: radios equivalentes de poros, $R/\cos \theta$, en micrones, la curva A presenta r_c en función del sobrecalentamiento ΔT necesario para arrastrar el crecimiento de las burbujas, es decir $T-T_s$, conforme a la ecuación de GIBBS & CLAPEYRON, para el oxígeno y el fluorotriclorometano, que hierve en contacto con superficies de dimensiones de poros variables, con un flujo de calor de 0,2262 calorías, gramo/sg.cm². Conservando el objetivo de los ebullidores que consiste en disminuir el sobrecalentamiento requerido, el comportamiento de un buen ebullidor debería encontrarse sobre la porción de la curva A correspondiente a los valores de ΔT y a los valores elevados de r_c . Unos ensayos muestran que ésto se hace verdaderamente, ya que los valores de r_c medidos para materias construidas como ebullidores para el fluorotriclorometano están comprendidos entre 20 y 38,1 micrones. El sobrecalentamiento ΔT correspondiente a estos radios de poros es inferior a 0,056 $^{\circ}\text{C}$.

Sin embargo, si se desea dar un paso más allá del fenómeno del ebullidor y mejorar el comportamiento

25.



- de ebullición global, no es simplemente suficiente disminuir el sobrecalentamiento requerido para entretener el crecimiento de las burbujas. Cuando la ebullición se produce, por la formación de burbujas en los poros o las cavidades de una superficie que comprende una fuente de calor, se ha encontrado que el sobrecalentamiento ΔT , $T - T_s$, ligado por la ecuación de GIBBS & CLAPEYRON no es más que una de las resistencias al proceso global de ebullición. Existe un segundo ΔT en la película líquida, entre la temperatura de pared T_w y la temperatura de intercara vapor-líquido sobrecalentado T , y en efecto, este ΔT de la película se encuentra en serie con el ΔT de sobrecalentamiento de la ecuación de GIBBS & CLAPEYRON. El ΔT total entre la pared y el vapor es la suma del ΔT de sobrecalentamiento y del ΔT de la película, y las curvas B de la figura 1 presentan un radio r frente a este ΔT total. Se ha descubierto que este T de la película, es decir $T_w - T$ aumenta, de un modo inesperado, a medida que r aumenta, efecto que es opuesto al que se observa para el ΔT de sobrecalentamiento $T - T_s$. La diferencia horizontal entre las curvas A y las curvas B de la figura 1 describe este ΔT de película.

Dicho de otro modo, la figura 1 revela que, a medida que el radio equivalente de los poros r resulta más pequeño, el ΔT de película disminuye y el ΔT de so-



1970

5. brecalemento, como se dicho por la ecuación de GIBBS & CLAPEYRON domina el ΔT total. Inversamente, a medida que aumenta el radio equivalente de poro r , el ΔT total. Estas influencias opuestas sobre el ΔT total producen una inflexión de las curvas B que corresponden a un valor óptimo de r y a un valor mínimo de ΔT total.

10. Para el oxígeno bajo presión de una atmósfera y un valor representativo del flujo de calor Q/A de 0,2262 calorías. gramo/sg.cm², (H_L y B^1 de la figura 1) el valor óptimo r se produce entre 5 y 50 micrones, en la más amplia gama comprendida entre 2,5 y 63,5 micrones. La gama entre 5 y 50 micrones es también óptima para otros criógenos como por ejemplo el nitrógeno y el metano, ya que sus parámetros Kelvin son muy similares al parámetro del oxígeno. Para el fluorotriclorometano, el valor óptimo r se produce entre 7,6 y 63,5 micrones según la figura 1. Conviene observar que el parámetro Kelvin, es aproximadamente igual a $r_c (T-T_s)$ como se ha determinado según la ecuación de GIBBS & CLAPEYRON antes mencionada, y no difiere únicamente más que suponiendo $P_L - P_V = P_L$.

15.

20.

25. Unos líquidos caracterizados por sus parámetros Kelvin superiores a 1, pueden hervir en superficies porosas de 2,5 a 63,5 micrones de radios de poros, con coeficientes de ebullición netamente superiores a los de las superficies rugosas de la técnica anterior. Sin embargo,

381186



- 15 -

estos procedimientos de transferencia de calor no permiten el comportamiento óptimo del presente procedimiento ya que la porción inferior de la gama de radios de poros de 2,5 a 37,5 micrones es demasiado pequeña para ser apropiada a estos líquidos cuyo parámetro Kelvin es elevado.

5.

El radio equivalente de poro de una capa superficial porosa de ebullición es determinado de la forma más precisa y cómoda sumergiendo verticalmente una porción extrema de la capa porosa de ebullición en un líquido de humectación libre y midiendo el ascenso capilar del líquido a lo largo de la superficie porosa de ebullición.

10.

Determinado de esta forma, el radio equivalente de poro r , es igual a $2\sqrt{\sigma/ph}$, donde p es la masa volúmica en g/cm^3 del líquido en el que una porción extrema de la capa superficial porosa de ebullición es verticalmente sumergida, σ es la tensión superficial en dinas/cm del líquido en el que una porción extrema de la capa superficial porosa es verticalmente sumergida y h es el ascenso capilar vertical en cm del líquido a lo largo de la superficie de la capa superficial porosa de ebullición.

15.

20.

La ventaja de la elección de un líquido de humectación libre para determinar el radio equivalente de poro es que el ángulo de contacto θ de la fase líquida que forma la superficie del líquido con la materia de la que está compuesta la capa superficial porosa de ebullición

25.



- ción, será muy pequeño y por consiguiente no afectará la determinación. Si no elige un líquido de humectación libre, la expresión $2\sqrt{r\phi}$ debe ser igual a $r/\cos \theta$ y será preciso tener en cuenta el ángulo de contacto θ en la determinación del valor del radio equivalente r de poro.
5. Por el hecho de que la medida exacta del ángulo de contacto es difícil e introduce sin necesidad un riesgo de error, es preferible utilizar un líquido de humectación libre para determinar el radio equivalente de poro. Unos
10. líquidos que presentan un ángulo de contacto inferior a 20° con la materia de la que está constituida la capa superficial porosa de ebullición son definidos como "de humectación libre" con este fin, y pueden ser utilizados sin tener en cuenta el efecto del ángulo de contacto ya que el coseno de 20° es igual a 0,95 y que el error que resulta por el hecho de que se desprecia el ángulo de contacto, será inferior al 5%.

- Unos ejemplos de líquidos apropiados que humectan libremente superficies de aluminio y de cobre (dos
20. de las materias preferidas para la construcción de las capas superficiales porosas de ebullición), son el metanol, el fluorotriclorometano, el diclorotetrafluoroetano, la acetona, el cloruro de etilo, el oxígeno líquido y el nitrógeno líquido. El líquido particular elegido para la
25. determinación del radio equivalente de poro debe ser pre-



5. ferentemente un buen disolvente para los aceites y las grasas, de tal forma que el efecto de la presencia de estos contaminantes comunes de superficies puede ser mínimo. El agua pura no es considerada como un líquido de humectación libre en la medida en que su ángulo de contacto θ con la superficie de aluminio, por ejemplo es de 66° aproximadamente.

10. El radio equivalente de poro es independiente de las propiedades de la materia utilizada para constituir la capa superficial porosa de ebullición. Cualitativamente define las características geométricas y dimensionales de la capa superficial porosa de ebullición misma. El radio equivalente de poro no debe ser utilizado para producir el comportamiento cuantitativo de una
15. capa superficial porosa de ebullición particular, en la medida en que dicho comportamiento depende, entre otros, de la materia de la que está constituida la capa superficial porosa de ebullición y del líquido que debe hervir.

20. Para ilustrar el procedimiento de determinación del radio equivalente de poro, se consideran los datos y el cálculo siguiente para una superficie porosa esférica de cobre de 0,0044 cm de diámetro, nº 1 del cuadro II. Verticalmente se suspende una pequeña banda de lámina
25. de cobre, con la superficie porosa esférica que es allí



5. aplicada con una porción extrema sumergida en fluorotriclorometano. El líquido moja la superficie por acción capilar hasta una altura h por encima de superficie del líquido de 6,40 cm el fluorotriclorometano presenta una tensión superficial de 18,98 dinas/cm y una masa volúmica de 1,46 g/cm³. Llevando estos valores en la ecuación que da el radio equivalente de poro, esto da para r un valor de 42 micrones.

10. El cuadro II, columna 2, resume los valores de los radios de poro eficaces, determinados experimentalmente para un cierto número de superficies, comprendidos los ebullidores de la técnica anterior así como las capas superficiales porosas de ebullición según la presente invención, en líquidos de humectación libre: específicamente el metanol, el fluorotriclorometano y el diclorotetrafluoroetano. La columna 3 del cuadro II presenta los valores de las diferentes temperaturas requeridas por las diversas superficies para la transferencia de 0,2262 calorías. gramo/sg. cm² mientras que el fluorotriclorometano hierve a la presión atmosférica. Por

15. el hecho de que se conserva Q/A constante a 0,2262, las únicas variables en las ecuaciones de transferencia de calor son ΔT y h , y estas variables son inversamente proporcionales. En consecuencia una disminución del ΔT

20. requerido dividiéndolo por 10, aumentará el coeficiente de

25.



transferencia de calor h que será multiplicado por 10. Por consiguiente la columna 3 del cuadro II proporciona un medio de comparación de las aptitudes en la transferencia de calor de diversas superficies en un fluido común.

C U A D R O II

5.	Superficie	Radio equivalente de poro en cm.	ΔT requere rido para $Q/A=0,2262$ calorias. gramo/sg. cm ² .
<u>capas superficiales porosas</u>			
<u>de ebullición</u>			
10.	1. Cobre (0.0044 cm) placa esférica plana	0,00419	0,61
	2. Cobre (0.0044-0.0074 cm) placa esférica plana	< 0,00381	0,89
15.	3. Cobre (0.0044 cm) cilindro esférico	0,00424	0,89
	4. Aluminio (0,0053-0,0105 cm) placa plana granular	0,00444	0,56
	5. Aluminio (0.025-0.05 cm) placa plana granular	0,00699	0,94
20.	6. Cobre (0.025-0.0297 cm) placa plana, esférica	0,01041	0,94
	7. Cobre (0.025-0.05 cm) placa plana esférica	0,00864	1,22
25.	8. Aluminio (0.0149-0.0177 cm) placa plana granular	0,00762	1,39



Superficie	Radio equivalente de poro en cm.	ΔT requerido para $Q/A=0,2262$ calorías. gramo/sg. cm ² .
9. Aluminio (0.0038-0.042 cm) placa plana granular	0,00864	1,39
5. 10. Cobre (0.0125-0.0149 cm) placa plana esférica	< 0,00381	1,67
<u>Ebullidores metálicos</u>		
11. Ebullidor en espuma de zinc	0,0254-0,0381	3,33
12. Ebullidor de antimonio granular	0,0203	4,06
10.		
<u>Superficies lisas</u>		
13. Placa lisa en cobre*	(no porosos)	8,33
14. Placa lisa en aluminio*	(no porosos)	12,5
<u>Ebullidores no metálicos</u>		
15. 15. Ebullidor en silicato de aluminio	(0,0422)	19,44

* no presenta capilaridad.

20. Una capa superficial porosa de ebullición tal como anteriormente descrita, asegura en operación una multitud de capilares llenos de líquido, en interconexión parcial, que actúan como núcleos o gérmenes para el desarrollo de numerosas burbujas de líquidos en ebullición.



- ción. Si los poros no estaban en interconexión, el comportamiento en continuo como núcleo o gérmenes para el crecimiento de las burbujas dependería rigurosamente del aire o del vapor encerrado en el interior de los poros. Sin embargo con poros en interconexión, el vapor formado en un
5. poro puede activar uno omás de los poros adyacentes, de tal forma que el proceso se continua sin interrupción y sin depender del aire o del vapor encerrado. Se piensa que al menos parte de los poros en la matriz en interconexión proporcionan el líquido a los poros adyacentes. A
10. medida que las burbujas aumentan, emergen finalmente desde los capilares en interconexión, en virtud de la generación continua de vapor, en el seno de los capilares, se desunen de la superficie y ascienden a través de la película de líquido que cubre a la capa porosa de ebullición.
15. El líquido continua deslizándose en los capilares y conserva las paredes de los mismos húmedas, dando así una evaporación superficial aumentada. El coeficiente de ebullición elevado resulta por el hecho de que el calor que
20. abandona la superficie del metal de base no tiene que trasladarse a través de una capa de líquido apreciable antes de encontrar a una superficie líquido-vapor que produce la evaporación.

25. En el interior de la capa superficial porosa de ebullición, una multitud de burbujas crecen de tal for-



5. ma que el calor, para alcanzar una frontera vapor-líquido, no tiene necesidad de ir a través de una capa líquida extremadamente delgada, que presenta un espesor considerablemente más reducido que el pequeño diámetro de los poros de confinamiento. La evaporación del líquido se efectúa totalmente en el interior de los poros y prácticamente ningún sobrecalentamiento de la masa del líquido es requerido o puede producirse.

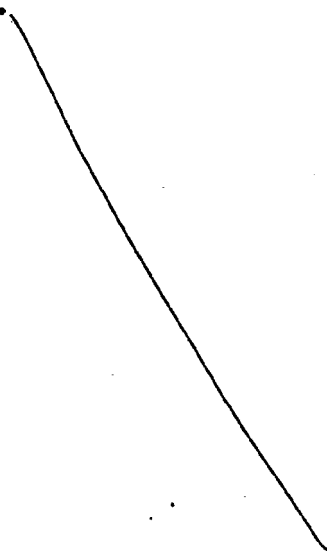
10. Con una superficie lisa de metal por el contrario, solo algunos puntos de formación de burbujas existen y el cebado del desarrollo de las burbujas exige un fuerte grado de sobrecalentamiento en razón de la fuerza compresiva de la tensión superficial del líquido sobre una muy pequeña burbuja.

15. El calor de crecimiento o desarrollo de las burbujas debe ser transferido por convección y por conducción desde el metal de base lisa hasta una intercara distante vapor-líquido de una burbuja, que es casi totalmente rodeada por la masa de líquido.

20. El comportamiento descrito anteriormente para una capa superficial porosa de ebullición no es un simple resultado del aumento de la superficie de contacto por ejemplo haciendo mecánicamente la superficie rugosa. Este hecho es demostrado por un ensayo que compara la inmersión de una capa superficial porosa de ebullición fijada

25.



- sobre un bloque de cobre que contiene revestimientos de los serpentines calentadores, para hacer hervir el oxígeno líquido bajo la presión de la atmósfera. Con flujos de calor muy reducidos, insuficientes para activar los
5. poros por el vapor, el coeficiente de transferencia de calor de ebullición y el fenómeno visual de los puntos de formación de burbujas son bastante similares a los obtenidos por un bloque de cobre de superficie lisa. Sin embargo, para flujos de calor más importantes, que producen una activación de vapor de los poros, se obtienen
10. coeficientes de ebullición extremadamente elevados, que son imposibles de alcanzar con un bloque liso o con un bloque que presente una superficie hecha mecánicamente rugosa. Los resultados de ensayos siguientes en el oxígeno líquido y el fluorotriclorometano hirvientes ilustran el efecto de las superficies porosas de ebullición
15. a tres diferencias de temperaturas, y con flujos de calor suficientemente importantes para producir una activación de vapor de los poros.
- 

381186

- 24 -



G U A D R O III

	Capa de ebullición porosa de superfi- cie plana	Radio equivalen- te de poros (cm)	$\frac{\Delta T}{(0) C}$	Flujo calo- rífico (Q/A) en calorías. gramo/sg. cm ²)	Coefficien- te de trans- ferencia de calor calorías. gramo/sg. cm ² °C
<u>Ensayos de ebulli-</u>					
<u>ción con fluorotri-</u>					
<u>clorometano</u>					
5.	1. Cobre	0,00419	0,56	-	-
	0,0044 cm		0,83	0,9425	1,1247
	esférico		1,11	-	-
	2. Cobre	< 0,00381	0,56	-	-
10.	0,0044-0,0074 cm		0,83	-	-
	esférico				
	placa plana		1,11	1,508	1,355
	6. Cobre	0,01041	1,11	0,2790	0,2575
	0,025-0,0297 cm		1,39	0,4147	0,2981
15.	esférico				
	placa plana		1,67	0,5504	0,3252
	7. Cobre	0,00864	1,11	-	-
	0,025-0,05 cm		1,39	0,2941	0,2168
	esférico				
20.	placa plana		1,67	0,4147	0,2439



	Capa de ebullición porosa de superfi- cie plana	Radio equiva- lente de poros (cm)	ΔT ($^{\circ}C$)	Flujo calo- rífico (Q/A) en calorías. gramo/sg. cm ²)	Coefficiente de transfe- rencia de ca- lor calorías. gramo/sg. cm ² °C
5.	8. Aluminio	0,00762	1,11	-	-
	0,0149-0,0177 cm		1,39	0,2262	0,1626
	placa plana				
	granular		1,67	0,3318	0,2033
10.	9. Aluminio	0,00864	1,11	-	-
	0,0038-0,042 cm		1,39	0,2262	0,1626
	granular				
	placa plana		1,67	0,3016	0,1762
15.	11. Cobre	\leq 0,00381	1,11	-	-
	0,0125-0,0149 cm				
	esférico		1,39	-	-
	placa plana		1,67	0,2262	0,1355
<u>Ensayos de ebullición</u>					
<u>con el oxígeno</u>					
20.	3. Cobre	0,00424	0,56	0,5504	0,9892
	0,00-4 cm esférico		0,83	0,9425	1,1247
	cilíndrico		1,11	1,3572	1,2195
25.	4. Aluminio	0,00444	0,56	0,2262	0,4065
	0,0053-0,0105 cm		0,83	0,4373	0,5285
	granular				
	placa, plana		1,11	0,6861	0,6233
25.	5. Aluminio	0,00699	1,11	0,3016	0,2710
	0,025-0,05 cm				
	granular		1,39	0,4298	0,3117
	placa plana		1,67	0,5806	0,3523

381186



*cuando los valores son omitidos, el flujo de calor Q/A está fuera de la gama de 0,2262 a 1,508 calorías.gramo/sg.cm² de la figura 2.

- La figura 2 presenta los datos del cuadro III bajo la forma de un gráfico con los flujos de calor en ordenadas y las diferencias de temperatura ΔT en abscisas, estando designadas las mismas superficies por lo mismos números de identificación en el cuadro II, en el cuadro III y en la figura 2. La comparación de las líneas individuales para superficies porosas preparadas a partir de las películas de dimensiones diferentes revela una gran variación del comportamiento. Esta comparación puede, por ejemplo estar basada sobre el ΔT al mismo nivel de flujo de calor, de tal forma que la superficie más eficaz exige el menor ΔT y que la superficie menos eficaz exige el mayor ΔT (pudiendo ser traducida la diferencia de temperatura directamente en exigencia de energía).
- 5.
- 10.
- 15.

- Las partículas metálicas utilizadas para construir la capa porosa de ebullición puede comprender una gran variedad de dimensiones. Sin embargo, al menos algunas de estas partículas deben poder pasar a través de un tamiz de 0,05 cm de abertura de mallas, y preferentemente algunas deben poder pasar a través de un tamiz de 0,0105 cm de abertura de mallas, de modo a producir poros de dimensión suficientemente pequeños para resultar activos a un reducido valor de ΔT . Con
- 20.
- 25.



- referencia a la figura 2 y comenzando por las superficies lisas Nº 13 y 14, el debilitamiento del sobrecalentamiento obtenido con ebulliciones típicos está ilustrado por las curvas Nº 10 y 12. Se obtiene otra mejora mediante
5. el empleo de capas superficiales porosas de ebullición que presentan radios equivalentes de poros relativamente grandes, entre 63,5 y 102 micrones, como lo demuestran las curvas 5,6,7,8 y 9, que representan partículas superficiales respectivamente de 0,025-0,05 cm, 0,025-0,0297 cm,
10. 0,025-0,05 cm, 0,0149-0,0177 cm y 0,0038-0,0042 cm. Conforme a la presente invención, un comportamiento característico se obtiene por capas porosas de ebullición que presentan radios de poro equivalentes pequeños, es decir comprendidos entre 2,5 y 63,5 micrones como lo demuestran las
15. curvas 1, 2, 3, y 4 que representan partículas superficiales respectivamente de 0,0044 cm, 0,0044-0,0074cm, 0,0044 y 0,0053-0,0105 cm. En consecuencia, las partículas utilizadas para construir la capa superficial porosa debe tener, para resultados óptimos entre 0,0105 y
20. 0,0038 cm, lo que quiere decir que practicamente la totalidad de las partículas metálicas pasan a través de un tamiz de 0,0105 cm de mallas, y son retenidas sobre un tamiz de 0,0038 cm de abertura de malla. El polvo utilizado para preparar esta superficie preferida puede contener

- 28 - 381186



5. cantidades secundarias de partículas más gruesas o más finas que las de la gama preferida de 0,0038 a 0,0105 cm de diámetro y la experiencia indica que estas partículas, en pequeñas cantidades, es decir el 10 % en peso, ya sean superiores o bien inferiores a la gama preferida, no refuerzan ni debilitan el comportamiento.

10. Conviene observar que, aunque en general, además .
pequeñas partículas producen capas superficiales porosas de radio equivalente más pequeño, no existiendo correlación directa entre estos dos parámetros. Esto es particularmente debido a que las partículas individuales utilizadas para la preparación de una superficie porosa dada no son necesariamente de igual forma ni que estas partículas corresponden necesariamente en forma a las partículas de otras dimensiones, utilizadas para preparar otras superficies porosas. Además, las partículas son reunidas en una relación debida al azar sobre la pared térmicamente, y las dimensiones de los poros intersticiales y de interconexión pueden variar considerablemente. La forma de las partículas afecta a la dimensión de los poros, por el hecho de que unas esferas, por ejemplo, se amontonan de un modo más compacto que las formas irregulares y producen lagunas más pequeñas. Las innumerables variantes que permiten estos factores hacen imposible señalar todos los polvos apropiados en una descripción única. Por esta razón, el radio

15.

20.

25.

381186



- 29 -

de poro equivalente determinado por ensayos de rutina sobre muestras de capa superficial porosa de ebullición terminada, como se ha descrito anteriormente, en un procedimiento preciso de identificación.

5. En general, toda materia metálica es apropiada para la preparación superficial porosa de ebullición, a condición de que presente una buena conductividad térmica, sea disponible bajo forma de polvo fino, pueda fijarse a sí misma y sobre el metal de base, y sea fácilmente humectada por el líquido a hervir. Las partículas
10. de polvo utilizadas en la preparación de una superficie porosa de ebullición son preferentemente o bien granulares o bien esféricas. Unas consideraciones geométricas sugieren que las partículas esféricas y granulares son más
15. eficaces que las partículas en escamas o dendríticas, para producir un gran número de poros de dimensiones aproximadamente uniformes. Unas escamas muy finas son menos deseables ya que son difíciles de fijar en partículas
20. separadas y, en virtud de su superficie específica extremadamente importante, complican la tarea de la limpieza cuidada del polvo.

25. La materia particular debe presentar preferentemente una conductividad térmica elevada como se ha establecido anteriormente. Entre otras, han sido ensayadas en condiciones idénticas, materias de capa superficial porosa de ebullición en níquel y en cobre sobre cobre co-



5. mo metal de base; siendo el coeficiente de transferencia de calor del cobre sobre cobre tres veces más importante, aproximadamente, que el de la combinación níquel sobre cobre, lo que se esperaba en razón de la gran conductividad térmica del cobre. El cobre presenta también ciertas ventajas sobre el aluminio, siendo las conductividades de estos metales de 0,926 y de 0,484 calorías. gramo/sg.cm².°C. cm respectivamente. Durante un servicio corrosivo, las aleaciones como el acero inoxidable, que resisten al ataque químico pueden ser utilizadas .

10. El espesor de la capa superficial porosa de ebullición puede variar al menos en un factor de 10 aproximadamente, sin inconveniente riguroso, y no es más que ligeramente afectada por las propiedades físicas del líquido en ebullición. El espesor deber ser más importante que el diámetro particular medio y preferentemente debe ser, aproximadamente, el doble del diámetro particular medio. Con muy finas partículas tales como de 0,0044 cm de diámetro, la uniformidad y la continuidad completa del revestimiento rigen ordinariamente el espesor mínimo que es aplicado. Un espesor mínimo práctico es de aproximadamente 0,1 mm.

15. Funcionalmente, el espesor máximo que puede ser utilizado sin inconveniente, no es regulado más que por la capilaridad de la superficie y por la aptitud de la

20.

25.

381186



- 31 -

- superficie a descargar el vapor producido por la ebullición. En funcionamiento, la superficie debe ser capaz de sacar el líquido a través de todo el espesor hasta el metal de base de tal forma que la superficie sea completamente mojada, mientras que al mismo tiempo hay descarga y liberación del vapor desde los poros. Excelentes resultados han podido ser obtenidos con superficies relativamente espesas; por ejemplo la capa superficial porosa de ebullición del N° 3 de la figura 2 y del cuadro II tiene 0,4 a 0,5 cm aproximadamente de espesor.
- 5.
10. Se puede producir una superficie porosa apropiada según la presente invención por fritado de partículas de 0,0038-0,0149 cm de diámetro en un metal térmicamente conductor como el cobre sobre la pared caliente que proporciona el calor al líquido hirviente. Se aplican las partículas en una cantidad tal que proporcionan un espesor de capa porosa de aproximadamente 0,043 cm. Los intersticios o lagunas entre las partículas deben estar esencialmente exentos de materia sólida y deben estar en interconexión en el espesor de la capa. Los poros así interconectados formados pueden variar ampliamente de dimensión y numerosos poros tienen dimensiones comprendidas entre 0,00152 y 0,00762 cm según una determinación por microscopia. Debe haber un gran número de poros por unidad de superficie.
- 15.
- 20.
25. Se pueden utilizar diversas técnicas de producción



de metal fritado poroso para superficie de ebullición sobre el metal de base. Una de las técnicas preferidas consiste en utilizar en aglutinante temporal tal como una materia plástica, para establecer y conservar un enlucido uniforme sobre la superficie del metal de base, siendo el aglutinante tal que se descompone y se evapora durante el proceso de calentamiento y de fritado. Una de estas materias plásticas es de polímero de isobutileno que presenta un peso molecular de 140.000 aproximadamente y conocido industrialmente bajo el nombre de "Vistanex".

Se disuelve el aglutinante práctico en un disolvente apropiado tal como el keroseno o el tetracloruro de carbono, y se adiciona una cantidad suficiente de polvo metálico para dar una suspensión viscosa uniforme con una proporción en peso metal-plástico de 92 a 1 aproximadamente. La superficie del metal de base debe estar exenta de grasa, de aceite y de revestimiento de óxido, a fin de obtener una adherencia conveniente del enlucido poroso. Justo antes de aplicar la suspensión, se puede barrer la superficie con la solución plástica para facilitar el remojo por la suspensión, y obtener así una distribución más uniforme.

Se puede utilizar un cierto número de técnicas para aplicar una suspensión de enlucido sobre el metal de base. El fin consiste en obtener un enlucido uniforme y la

381186 28



elección de la tecnología depende de la geometría y de la orientación de la superficie. La pulverización y el templado son dos procesos que han sido utilizados con éxito.

5. Se seca el enlucido al aire ya sea durante, o bien, después del proceso de aplicación. La masa del disolvente es así eliminada por evaporación, dejando una capa sólida, autosoportada, que es conservada en posición por el aglutinante. Se recubre entonces el metal de base y el revestimiento de una atmósfera ligeramente reductora, y se eleva la temperatura ligeramente durante un espacio de tiempo suficiente, para fritar las partículas en conjunto y sobre el metal de base. El gas reductor en circulación elimina la fina película de óxido y purga igualmente los productos de descomposición de las materias de la superficie.
10. En el caso del cobre, se fritar el revestimiento a 100° aproximadamente por debajo de su punto de fusión o a 960° aproximadamente.
- 15.

20. Según otra técnica satisfactoria, se cuele solamente el aglutinante y el disolvente en la superficie y se dispersa entonces el polvo metálico bajo forma seca sobre el enlucido pegajoso. Esto presenta la ventaja de que el disolvente puede evaporarse antes que las partículas metálicas sean aplicadas y la materia plástica es menos fluida y menos móvil. Con un proceso de espolvoreo precaucional,
25. se puede obtener una capa muy uniforme que presenta una



tendencia debilitada a colar o a hacer grumos. Las etapas de enlucido y de espolvoreo pueden ser repetidas si de desea para formar capas relativamente espesas, utilizando aplicaciones delgadas.

5. Otro aglutinante con éxito utilizado, es un polímero de metil-celulosa, que presenta una viscosidad de 4.000 cps y conocido industrialmente como "Methocel". Una suspensión preferida comprende 32 g de polvo de cobre en 100 cm³ de una solución acuosa al 2 % de este polímero.
10. Después de la aplicación de un enlucido de la solución sobre el metal de base, se seca al aire a temperatura ambiente (inferior al punto de ebullición del agua), después se seca en horno a 400°C aproximadamente en atmósfera de gas de reconocido saturada de agua. Se fritó entonces el enlucido a las temperaturas apropiadas de fritado.
- 15.

Otro aglutinante práctico utilizado con éxito es el poliestireno que presenta un peso molecular de 90.000 aproximadamente, y que es soluble en el tolueno o el xileno.

20. Como se ha establecido anteriormente, los aglutinantes y suspensiones son utilizados para facilitar la distribución y conservar el polvo temporalmente en posición, hasta que una fijación térmica permanente pueda ser realizada. Cuando la disposición de la superficie lo permite, se puede aplicar el polvo sin aglutinante y fritar fajo
- 25.



forma seca.

- Una disposición consiste en aplicar la superficie porosa de ebullición sobre la pared interna de tubos cambiadores de calor. Para una análoga disposición, un proceso excelente es distribuir preliminarmente la suspensión en el interior de la longitud del tubo, después colocar el tubo en una máquina capaz de hacer girar el tubo en torno a su eje a una velocidad suficiente para producir un revestimiento liso, aproximadamente 200 r,p,m, El revestimiento seca al aire durante la operación de rotación, y después de frita en horno bajo las condiciones anteriormente descritas.
- 5.
- 10.

- Otro procedimiento de aplicación se presta particularmente a las superficies planas, onduladas o cóncavas-cilíndricas. Conforme a este procedimiento, se alimenta una suspensión de polvo metálico y de aglutinante plástico desde una tolva por encima de la superficie de un cilindro pulido, en una capa uniforme. A medida que el cilindro gira lentamente, la evaporación del vehículo hace que la película plástica se desprege en continuo del cilindro según una lámina de materia plástica que contiene revestido el polvo metálico. La película compuesta es a continuación colocada en contacto con la superficie de la lámina de metal que es conducida al horno, en el que la materia plástica se evapora y el polvo de metal se frita en una lámina.
- 15.
- 20.
- 25.



Este procedimiento se presta muy fácilmente a una producción en cantidad industrial.

5. Se prefiere la técnica anterior descrita de revestimiento plástico-espolvoreo metálico para la penetración superficial de ebullición sobre las paredes externas de tubos cambiadores de temperatura. Se aplica fácilmente el revestimiento plástico por pulverización o con brocha. Se puede hacer caer el polvo desde un tamiz por encima. Facultativamente, el tubo enlucido de plástico puede ser embadurnado en el polvo metálico, y después golpeteado para hacer caer el exceso de partículas que no se adhieren firmes.
- 10.

15. El procedimiento según la presente invención puede ser puesto en práctica en cambiadores de calor donde dos pasajes al menos son asociados térmicamente, como por ejemplo por una pared común, de tal suerte que el líquido a hervir se desliza a través del segundo pasaje. En un aparato de este tipo, el líquido más caliente constituye la fuente caliente y la pared común forma la pared térmicamente conductora que recibe el calor del fluido más caliente. La pared porosa es fijada sobre la pared común en una de sus caras y forma parte del primer pasaje.
- 20.

25. Unos cambiadores de calor de flujo dinámico, apropiados para la puesta en práctica de la presente invención, pueden por ejemplo ser del tipo de placas en el



que un cierto número de placas separadas, paralelas, son montadas en una sección de núcleo, con distribuidores y colectores apropiados para los flujos de fluidos.

5. El cambiador de calor puede también ser del tipo de cubierta y tubos, con uno o más tubos montados en el interior de una cubierta, de tal forma que los tubos forman el primer pasaje de fluido y la cubierta que los rodea constituye el segundo pasaje de fluido. Se fija la capa porosa sobre una cara de la pared de tubos de tal forma que esté en contacto con el líquido en ebullición.

10. Se apreciará que diversos medios pueden ser aplicados en los cambiadores de calor, para mejorar el coeficiente de condensación, en combinación con el presente procedimiento. Por ejemplo se pueden aplicar aletas u ondulaciones para aumentar la superficie de transferencia de calor en el pasaje a través del cual se desliza el fluido más caliente.

15. Igualmente se puede aplicar la presente invención a los cambiadores de calor del tipo piscina, en los que la capa superficial porosa es fijada sobre una cara de una pared térmicamente conductora, colocada en un recipiente. La otra cara de la pared está en contacto con una fuente de calor que puede, por ejemplo ser un fluido más caliente o una fuente de calor eléctrica, nuclear u otra fuente en estado sólido. La capa porosa está cubierta del líquido a

20.

25.



hervir y el vapor resultante es expansionado desde la capa porosa y pasa a través de la piscina líquida hacia el espacio gaseoso situado por encima.

5. Como otra configuración apropiada todavía de cambiador de calor, se puede aplicar la capa porosa sobre las paredes internas de un haz de tubos montados verticalmente en una cubierta. El líquido más frío en los tubos, es calentado y puesto en ebullición bajo el efecto del líquido más caliente, en el interior de la cubierta
10. en contacto con la superficie externa de los tubos. El líquido hierve con un efecto de colación, de suerte que las burbujas de vapor se emergen de la capa porosa pasan a través de la película líquida relativamente delgada que cubre completamente la capa porosa. El vapor ascendente
15. que transporta lingotes líquidos es descargado en la porción extrema superior de los tubos.

20. Para la puesta en práctica de la presente invención, el líquido que debe hervir no tiene solamente necesidad más que de proporcionar una película delgada, sobre la capa porosa, en tanto ésta esté completamente cubierta. Según otras formas de realización, la capa porosa es sumergida en una piscina líquida relativamente profunda.

25. Se observa que la capa porosa puede ser fijada sobre una pared montada según una orientación cualquiera

19-14-70

- 39 381186 17



5. que va desde la horizontal hasta la vertical. En una posición ya sea inclinada o bien vertical, el líquido a hervir puede ser introducido en la porción extrema inferior como se ha descrito anteriormente, o bien en la porción extrema superior para un deslizamiento desde arriba hacia abajo.

- N O T A -

10. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se ha

15. ce constar que el invento corresponde a una solicitud de Patente de Introducción por 10 años, por: PROCEDIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CALOR A PARTIR DE UNA SUPERFICIE CALENTADA A UN LIQUIDO EN EBULLICION., caracterizándose por lo siguiente:

20. 1.- Procedimiento de transferencia de calor a partir de una superficie calentada a un líquido en ebullición, que tiene un parámetro Kelvin $2COTs / \lambda Pv$ inferior a 0,00111 cm x °K en donde:

25.

- Ó = Tensión superficial (Dinas/cm)
- T = Temperatura de saturación del líquido en ebullición correspondiente a la presión de vapor del líquido (en °K)



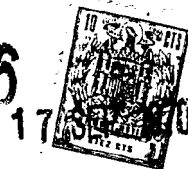
λ = Calor latente del líquido en ebullición
(cal-gramo/g)

P = Densidad de vapor (g/cm^3)

V
 C = Factor de conversión ($2,40 \times 10^{-8}$ g/dina)

5. caracterizado porque comprende las etapas de proporcionar un aparato intercambiador de calor que tiene una pared térmicamente conductora con una capa porosa en ebullición unida a uno de los lados de dicha pared, construyéndose dicha capa porosa en ebullición a partir de partículas discretas
10. térmicamente conductoras, algunas de las cuales al menos son suficientemente pequeñas para pasar a través de un tamiz de malla 35, aglomerándose dichas partículas entre sí y a dicha pared en una relación superpuesta al azar para formar una matriz uniforme con poros intersticiales y de
15. interconexión entre las partículas adyacentes que tienen radios de poros equivalentes entre 2,54 a 63,7 micrones; cubrir completamente dicha capa porosa en ebullición con el citado líquido como al menos una película de líquido; poner en contacto dicha fuente de calor con otro lado de
20. dicha pared de modo que se transfiera suficiente calor a través de la pared para formar burbujas de vapor dentro de dicha capa porosa en ebullición; y descargar dicho vapor como burbujas que salen de dicha capa porosa en ebullición en la porción de película de líquido que cubre a dicha
25. capa porosa en ebullición

381186



- 2.-Procedimiento según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque el oxígeno es el líquido en ebullición.
- 3.-Procedimiento según la reivindicación 1, carac-
terizado porque el monofluorotriclorometano es el líquido
5. en ebullición.
- 4.-Procedimiento según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque el monofluorotriclorometano es el lí-
quido en ebullición y porque los radios de poro están com-
prendidos entre 7,6 y 63,5 micrones.
10. 5.-Procedimiento según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque el oxígeno es el líquido en ebullición
y porque los radios de poro están comprendidos entre 5 y
50,8 micrones.
15. 6.-Procedimiento según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque las partículas son suficientemente pe-
queñas para pasar el tamiz de 0,0105 cm de abertura y su-
ficientemente grandes para quedar sobre un tamiz de
0,0038 cm de abertura de malla.
20. 7.-Procedimiento según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque el oxígeno es el líquido en ebullición
y porque las partículas son suficientemente pequeñas para
pasar a través de un matiz de 0,0105 cm de abertura de ma-
llas y suficientemente grandes para ser retenidas sobre
un tamiz de 0,0038 cm de abertura de mallas y porque los
25. radios de los poros están comprendidos entre 5,08 y 50,8
micrones.

381186

- 42 -



17 SEP 1970

5. 8.-Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el líquido en ebullición es el monofluorotriclorometano, porque las partículas son suficientemente pequeñas para pasar a través de un tamiz de 0,0105 cm de abertura de mallas y suficientemente grandes para ser retenidas sobre un tamiz de 0,0038 cm de aberturas de mallas y porque los radios de poros están comprendidos entre 7,62 y 63,5 micrones.

10. 9.-Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las partículas son esféricas.

10.-Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las partículas son granulares.

15. 11.-Procedimiento de transferencia de calor a partir de una superficie calentada a un líquido en ebullición., tal y como queda sustancialmente descrito en el presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 42 hojas escritas a máquina por una sola cara.

20.

Madrid,

17 SEP. 1970

UNION CARBIDE CORPORATION

L. GOMEZ ACEBO Y MODEY
Firmado: F. Hernández Ruiz

381186

FIG. 1.

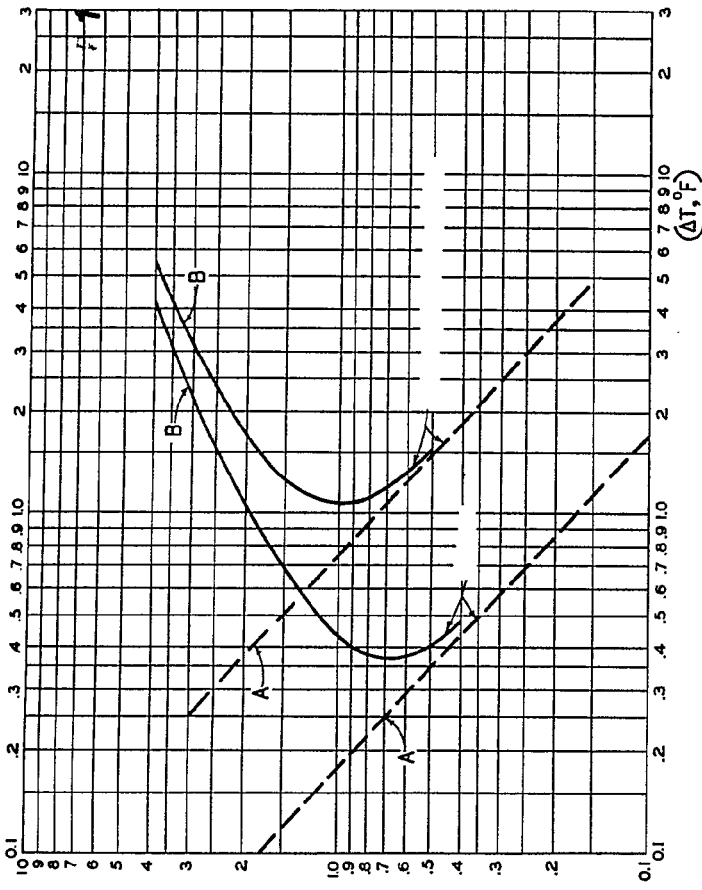
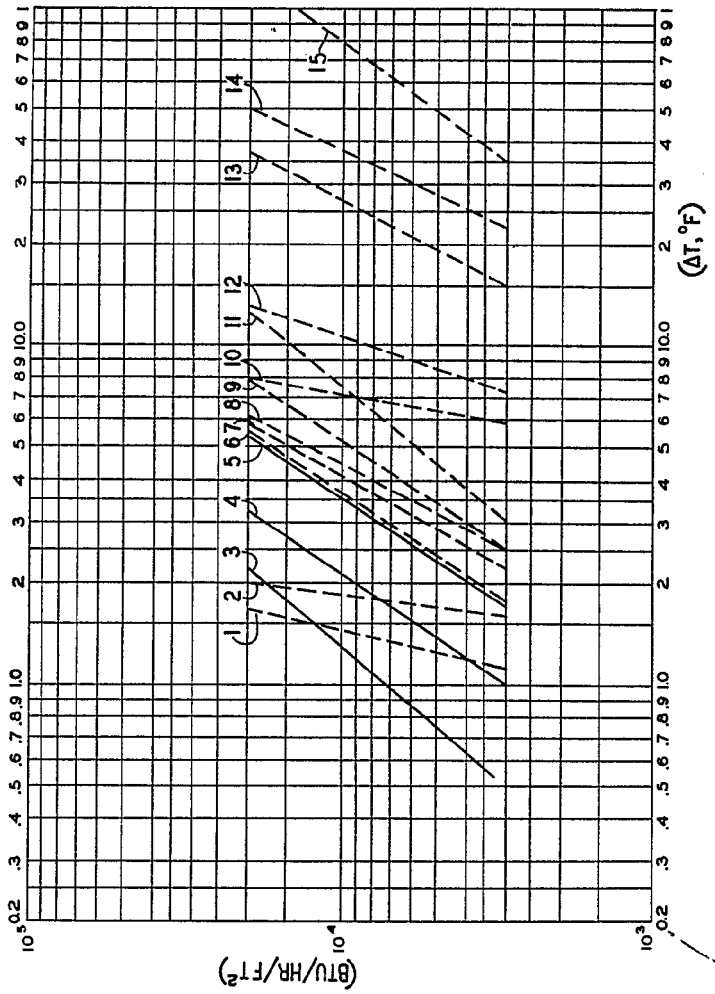


FIG. 2.



1 AGO, 1970

Madrid

J. GÓMEZ ACEDO Y LINDEI
D. P. FERRER A. GARCÍA BRANCO

381186

FIG. 1.

FIG. 2.

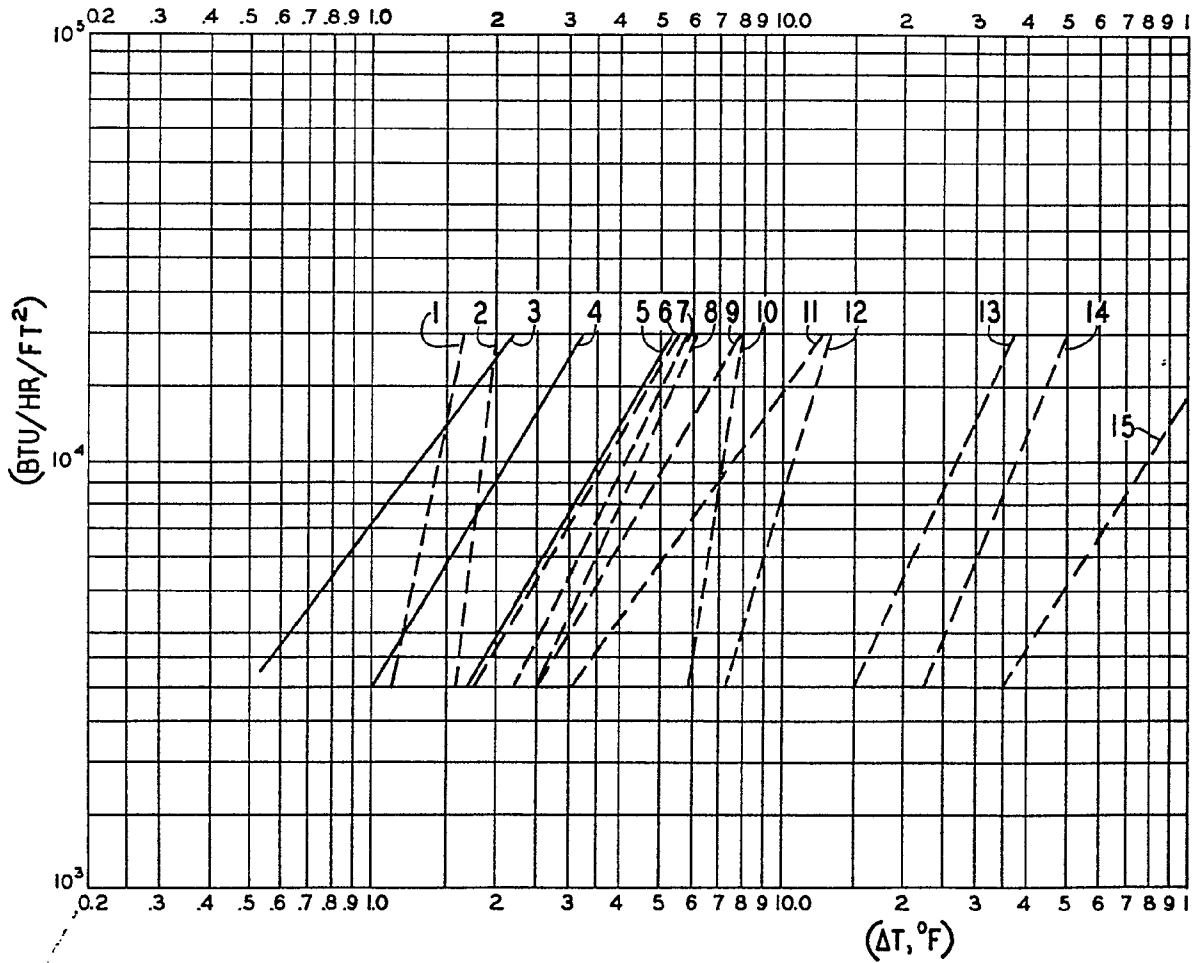
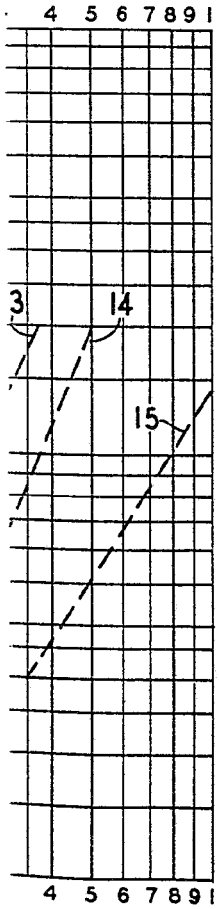
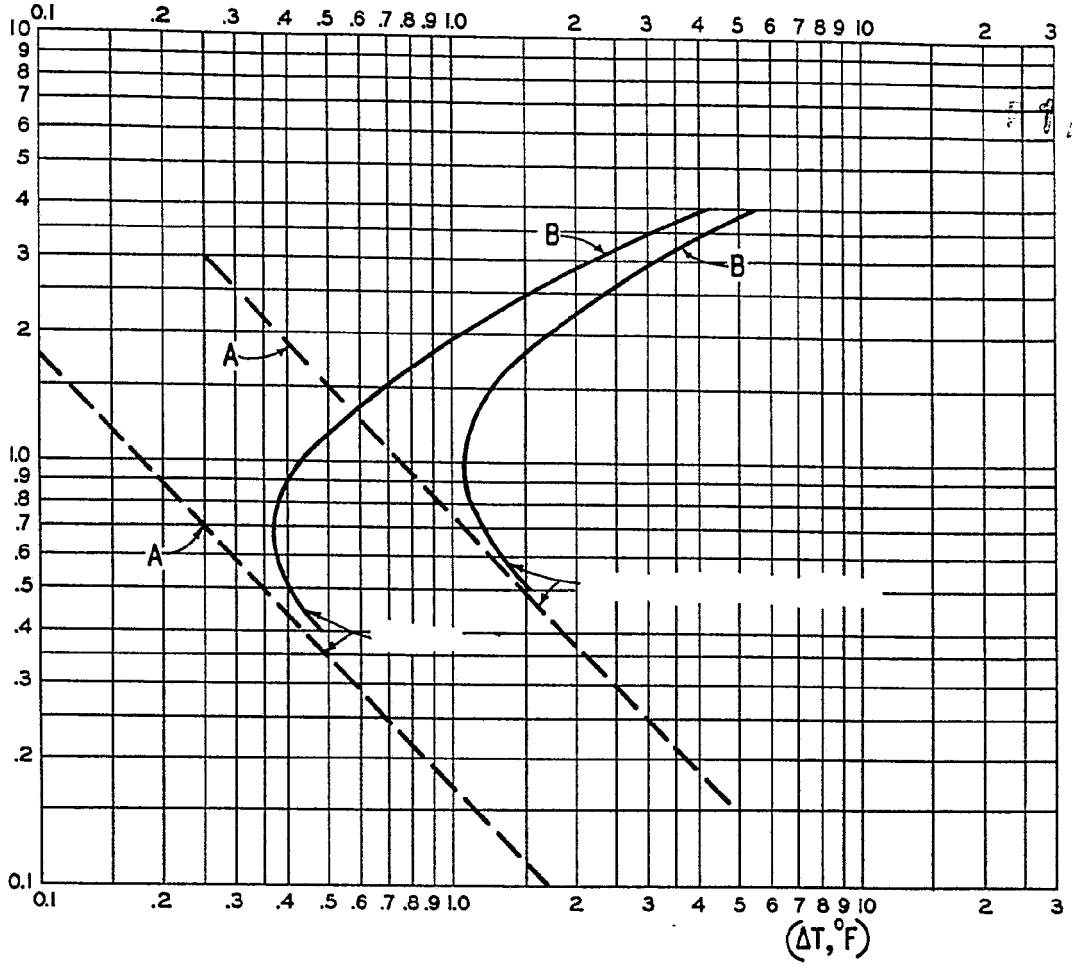


FIG. I.



Madrid 1 AGO. 1970
 J. GÓMEZ PÉREZ Y CÁDIZ
 S. de Edic. y A. GARCÍA BRAVO