

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente de descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

PATENTE DE INVENCION

| | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-------|
| 10 ES 11 21 29 | NUMERO 476.636 | 10 A1 |
| | FECHA DE PRESENTACION 8-1-1979 | |

| | | |
|----------------------|----------------------|-------------------|
| 30 PRIORIDADES: | | |
| 31 NUMERO 867.858 | 32 FECHA 9-1-1978 | 33 PAIS EE.UU. |

| | | |
|------------------------|--|--------------------------------------|
| 47 FECHA DE PUBLICIDAD | 51 CLASIFICACION INTERNACIONAL F28F | 69 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA |
|------------------------|--|--------------------------------------|

| |
|---|
| 64 TITULO DE LA INVENCION "UN METODO PARA PROPORCIONAR UN MIEMBRO DE TRANSMISION DE CALOR METALICO CON UNA SUPERFICIE DE EBULLICION NUCLEADA POROSA" |
|---|

| |
|---|
| 71 SOLICITANTE (S) UOP INC. (Case 1827) |
|---|

| |
|---|
| DOMICILIO DEL SOLICITANTE Ten UOP Plaza, Algonquin & Mt. Prospect Roads, Des Plaines, Illinois, EE.UU. |
|---|

| |
|--|
| 72 INVENTOR (ES) Randall Dean Godsey, Roy Edward Svacha, James Vaile Crawford y Kenneth Robert Janowski |
|--|

| |
|-----------------|
| 73 TITULAR (ES) |
|-----------------|

| |
|--|
| 74 REPRESENTANTE DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P.-70.818) |
|--|

jga

La tecnología de los tubos de transmisión de calor mejorados en los años recientes ha sido altamente dependiente de la mejora de la transmisión de calor en dos fases, esto es la transmisión de energía térmica debida a la transformación de la fase líquida en fase de vapor. Los métodos para mejorar esta transmisión de calor en dos fases incluyen técnicas tanto pasivas como activas. Las técnicas pasivas incluyen tratamientos superficiales, asperización de la superficie, ampliación de las superficies, técnicas de flujo turbulento, alternación de la tensión superficial, y la inclusión de aditivos al fluido de enfriamiento. Las técnicas activas incluyen medios de ayuda mecánicos, vibración de la superficie, vibración de fluidos, y la adición de campos electrostáticos.

En el área de las superficies tratadas, diversos materiales se depositan sobre las superficies de los tubos de transmisión de calor para promover la ebullición. Tales materiales incluyen Teflón, óxidos de la superficie de los tubos, y la adición de polvo de cobre de alta superficie. Estos tratamientos superficiales mejoran la humectabilidad de la superficie y dan como resultado un bajo sobrecalentamiento de la pared, lo cual elimina la histéresis de la curva de ebullición.

La asperización de la superficie es una técnica para proporcionar un gran número de puntos de nucleación sobre las superficies de los tubos. La técnica lleva consigo la deformación mecánica de la superficie para proporcionar un gran número de cavidades reentrantes.

Los tubos de superficie extendida se producen por técnicas de aleteado que confieren altas áreas super-

ficiales externas al tubo y permiten regimenes de transmi-
sion de calor muy grandes si la temperatura base está com-
prendida dentro del intervalo de ebullición de la pelícu-
la; sin embargo, la ebullición nucleada no se promueve con
este tipo de tubo de transmisión de calor.

Los dispositivos de tensión superficial operan
según el principio de las mechas que está basado en las
fuerzas de capilaridad, en tanto que la incorporación de
aditivos al fluido de enfriamiento afecta a la humectabi-
lidad del fluido de enfriamiento con respecto al tubo de
transmisión de calor.

Se ha propuesto un cierto número de coadyuvan-
tes de ebullición mecánicos, con inclusión de rotación de
las calderas propiamente dichas, la introducción de placas
rotativas, y la introducción de burbujas en las proximida-
des de la superficie de calentamiento.

El propósito de la vibración del fluido o de la
superficie es formar puntos de ebullición nucleados loca-
lizados debidos a las variaciones de presión en el líqui-
do. El uso de campos electrostáticos mejora la mezcla en
el seno del fluido de enfriamiento y se utiliza principal-
mente con fluidos deficientemente conductores o dieléctri-
cos.

De las técnicas arriba indicadas, aquéllas que
promueven la ebullición nucleada son de interés principal
desde un punto de vista tecnológico. Los parámetros de im-
portancia en un sistema de tubo de ebullición nucleado-flui-
do de enfriamiento incluyen el calor específico del líqui-
do, el calor específico del material del tubo, el coeficien-
te de transmisión de calor, el calor latente de vaporiza-

ción, la conductividad térmica del líquido y el tubo del calentador, la geometría del punto de nucleación, la temperatura del fluido de enfriamiento, los vapores, y la superficie, la viscosidad del líquido, la tensión superficial, y las densidades de las fases líquida y vapor.

El fenómeno de ebullición nucleada implica dos operaciones separadas. La primera de ellas es la nucleación de la fase vapor en el seno del líquido, mientras que la segunda es el crecimiento subsiguiente de la fase vapor para formar burbujas en el seno del líquido. Se ha postulado que puede alcanzarse una eficiencia mejorada de la transmisión de calor cuando el procedimiento de nucleación no tiene que repetirse continuamente. Este procedimiento de nucleación requiere una gran cantidad de sobrecalentamiento. Puede alcanzarse una eficiencia mejorada si la energía térmica se transfiere por el crecimiento de núcleos en fase de vapor preexistentes. Este método ha dado como resultado la especificación de cavidades reentrantes como puntos de ebullición nucleada altamente efectivos.

Se ha expedido cierto número de patentes por las cuales la superficie de un tubo de transmisión de calor está alterada mecánicamente para proporcionar estos puntos reentrantes. Dichas patentes incluyen las Patentes de EE. UU. Nº 3.326.283; 3.454.081; 3.566.514; 3.881.342 y 3.906.604. Si bien todas las patentes anteriores proponen la mejora de la nucleación por la introducción mecánica de puntos de nucleación, todas ellas adolecen de la característica común de tener un número relativamente pequeño de puntos de nucleación para un área dada de superficie de tubos. Esta limitación viene impuesta por las herramien

tas de fabricación requeridas para producir los tubos, y es una limitación inherente para cualquier tubo producido mecánicamente.

La capacidad de transmisión de calor demostrada de un tubo producido con una densidad mucho mayor de puntos de nucleación está cubierta en la Patente de EE.UU. N^o 3.384.154. Este tubo es de la variedad de superficie tratada mencionada arriba en la que partículas de cobre se sinterizan a la superficie del tubo del cambiador de calor. Esto proporciona una densidad muy alta de puntos de nucleación en la superficie del tubo y permite la retención de la fase de vapor en toda la estructura de poros abiertos de la superficie sinterizada. Este tubo de superficie sinterizada, si bien es un tubo de superficie de ebullición y transmisión de calor efectivas, presenta dificultades de fabricación. El polvo de cobre se mezcla con un aglutinante orgánico y se pulveriza sobre la superficie del tubo para facilitar la manipulación. El tubo revestido se somete luego a una exposición a temperatura elevada. Esto hace que se descomponga el aglutinante orgánico y sinteriza las partículas de cobre unas con otras así como con el tubo base. Se indica que la temperatura de sinterización es aproximadamente 960°C, es decir unos 100°C por debajo del punto de fusión del cobre. Este tratamiento térmico no sólo es difícil de realizar, sino que puede dar como resultado una degradación seria de las propiedades mecánicas del tubo base. Los problemas de degradación pueden minimizarse utilizando aleaciones cuyas características superiores de recristalización y crecimiento del grano sean capaces de reducir la magnitud de degradación de las propiedades, pe

ro tales aleaciones introducen un coste añadido y tienen una conductividad térmica inferior.

5 La Patente de EE. UU. 4.018.264 describe un tubo con eficiencia de ebullición nucleada mejorada en comparación con un tubo aleteado típico que se fabrica revis-
tiendo inicialmente por electrolisis el tubo a densidad de corriente alta para formar dendritas o nódulos separados, los cuales se revisten después adicionalmente por electro-
10 lisis a densidades de corriente menores y se deforman físicamente.

Entre los objetos de la presente invención figura el proporcionar una superficie de transmisión de calor mejorada y un método de fabricación de la misma que produ-
15 cirá una densidad muy alta de puntos de nucleación a un coste relativamente bajo y sin afectar a las propiedades del tubo base. Estos y otros objetos se logran por el método de la presente invención que implica el revestimiento de un tubo de transmisión de calor, una placa u otra forma de superficie de transmisión de calor con una espuma
20 orgánica reticulada y conductora de celdillas abiertas tal como poliuretano revestido de grafito. La espuma puede encontrarse en forma de una tira o cinta delgada que se enrolla en espiral alrededor del tubo base, o puede encontrarse en forma tubular que podría deslizarse sobre el tubo.
25 El revestimiento de espuma puede aplicarse también directamente a la superficie del tubo si ésta se recubre con espuma de tal manera que deje celdillas abiertas en lugar de una película de celdillas cerradas en contacto con el tubo base. La naturaleza de celdillas abiertas de la espuma per-
30 mite un libre y fácil acceso del fluido de enfriamiento a

todo lo largo de la superficie del tubo y es más resistente a la obstrucción de sus puntos de nucleación por objetos extraños en la solución de revestimiento electrolítico que lo sería en el caso de un tubo de superficie sinterizada.

5 La espuma reticulada comprende un sustrato sobre el cual se deposita electrolíticamente cobre después que la espuma se ha hecho conductora. La etapa inicial consiste en aplicar un recubrimiento de grafito a la espuma que se adherirá suficientemente bien para hacer la superficie
10 de la espuma orgánica eléctricamente conductora. Se utiliza luego un revestimiento electrolítico típico de cobre para revestir por galvanoplastia la espuma recubierta y las porciones del tubo que no están en contacto con la espuma y aumentar el espesor del revestimiento de cobre hasta tal
15 punto que éste posea una integridad estructural. Después de la etapa de revestimiento por galvanoplastia, el precursor orgánico puede pirolizarse si se desea.

En la fabricación de tubos experimentales, los autores de la invención utilizaron una espuma de poliuretano reticulada vendida como Scott Industrial Foam por Scott
20 Paper Company y que tenía un volumen de poros del 97% con un tamaño de poro controlado a 39 poros por cm lineal. Para los tubos experimentales, tiras de aproximadamente 2,54 cm de anchura por 1,66 mm de grueso se enrollaron de un modo
25 de espiral a lo largo de toda la longitud del tubo base y se mantuvieron mecánicamente en su lugar por medio de una banda elástica durante las operaciones de galvanoplastia. La espuma se hizo previamente conductora por paso a través de un recipiente que contenía polvo de grafito finamente
30 dividido y haciéndola pasar luego a través de la zona de

agarre entre rodillos de un laminador de cizallamiento en el que las diferentes velocidades de rotación superficiales de los rodillos de trabajo forzaban a las partículas de grafito a entrar en contacto relativamente firme con la estructura de espuma reticulada. Un polvo de grafito que tenía una granulometría menor de 74 micras vendido por la Joseph Dixon Crucible Co. de Jersey City, Nueva Jersey, bajo el número de fórmula 8485, se comportó satisfactoriamente. El tubo se revistió luego por galvanoplastia en una solución de revestimiento electrolítico de sulfato de cobre típica agitada con aire utilizando un electrodo de cobre y un voltaje de corriente continua. Se continuó la galvanoplastia hasta que se hubo formado un depósito electrolítico de cobre suficientemente grueso de tal modo que la espuma tuviera una robustez suficiente para permitir su manipulación normal. Las condiciones de galvanoplastia fueron 1,65 voltios y 10,0 amperios durante 142 minutos, dando como resultado un depósito electrolítico de cobre de 24,17 g para el tubo de muestra de 30,5 cm de longitud. La medición del espesor de revestimiento electrolítico es extremadamente difícil, pero dicho espesor parecía ser aproximadamente de 10,2 a 15,2 micras.

Los ensayos de transmisión de calor de un tubo tal como resultó en tal operación de revestimiento electrolítico en Refrigerante R-11 demostraron una mejora considerable en las características de ebullición por nucleación superficial de este tubo en comparación con un tubo de alea típico. Las características de ebullición eran también superiores a las de un tubo de ebullición nucleado comercialmente asequible producido por medios mecánicos de acuerdo

do con la Patente de EE. UU. antes mencionada N^o 3.906.604. La observación de las características de ebullición de la superficie en comparación con una longitud de tubo producida de acuerdo con la Patente de EE. UU. antes mencionada N^o 3.384.154 demostraron que la nucleación en la superficie de la espuma era muy similar a la producida por la superficie de cobre sinterizado.

Se determinó después el efecto de la pirólisis de la espuma de poliuretano sobre la estructura de la superficie y las características de ebullición. El tubo recubierto de espuma y revestido por galvanoplastia se mantuvo sobre una llama de gas de un mechero de laboratorio hasta que la pirólisis del sustrato de poliuretano revestido de grafito fue completa. La microscopía óptica y la microscopía electrónica de examen minucioso de la espuma con cobre residual mostraron una serie de poros muy pequeños a lo largo de las superficies del esqueleto de cobre que quedaban después de la pirólisis del sustrato. Estos poros variaban en tamaño, con un máximo de aproximadamente 50 micras en su dimensión mayor. Los poros se produjeron probablemente por la presión de los gases creados durante la pirólisis del sustrato orgánico que fracturaron las paredes delgadas producidas por galvanoplastia que encapsulaban el sustrato orgánico.

Los ensayos de ebullición del tubo pirolizado en el mismo fluido refrigerante R-11 utilizado previamente indicaron una eficiencia superior del tubo pirolizado en comparación con el tubo antes de la pirólisis. Esto es debido indudablemente al gran número de puntos de nucleación mínimos en fase de vapor resultantes de la porosidad de-

bida a la pirólisis. Como el poliuretano puede pirolizarse a temperaturas comprendidas en el intervalo de 302 a 482°C, es evidente que los problemas de degradación que pueden producirse a temperaturas más próximas al punto de fusión del cobre son de poca importancia.

DESCRIPCION DE LA REALIZACION PREFERIDA

Haciendo referencia a la Fig. 1, se muestra un tubo 10, preferiblemente de cobre. Se ilustra la primera etapa para proporcionar al tubo 10 una superficie de ebullición nucleada mejorada, que comprende el enrollamiento de una tira delgada de espuma de poliuretano reticulada 12 alrededor del tubo 10 y la fijación de aquélla a éste por medio de una banda de goma 14. La tira de espuma 12, normalmente no conductora, está revestida preferiblemente con anterioridad con partículas de grafito 18 a fin de que su superficie se vuelva conductora.

Las partículas de grafito 18 pueden aplicarse a la tira de espuma 12 de cualquier manera adecuada. Un ejemplo de un aparato apropiado se muestra en la Fig. 2 en la que la tira de espuma 12 se hace pasar por tracción longitudinalmente a través de un laminador de cizallamiento 20 después que las partículas de grafito 18 se han dejado caer sobre ella desde una tolva de suministro 24. Las partículas en exceso caen a través de la tira de espuma 12 en una bandeja de recogida 26 desde la cual se recirculan a la tolva de almacenamiento 24 por medio de un soplante 28 y una tubería 30. El laminador de cizallamiento 20 incluye un par de rodillos 34,36 que tienen diámetros iguales pero que gi

ran a velocidades diferentes a fin de ejercer una acción cizalladora sobre la tira de espuma 12, causando así que las partículas 18 queden fijadas a la misma. La relación de las velocidades de rotación superficial del rodillo inferior 34 más rápido al rodillo superior 36 más lento es aproximadamente 3:4.

La Fig. 3 ilustra un corte lateral de un aparato de galvanoplastia 40 en el que puede revestirse galvánicamente el tubo envuelto con espuma de la Fig. 1. El aparato de galvanoplastia 40 comprende preferiblemente un depósito o recipiente 41 vertical de galvanoplastia que contiene una solución de revestimiento electrolítico de cobre 42 convencional, tal como una solución constituida por sulfato de cobre, ácido sulfúrico y agua. El tubo 10 y su capa de espuma conductora 12 constituyen el cátodo del aparato de revestimiento electrolítico, mientras que el ánodo puede estar formado por un tubo de cobre 44 de diámetro mayor que rodea el tubo 10 y que preferiblemente está separado uniformemente de él. El tubo 10 se muestra descansando sobre un bloque de montaje 48 de plástico o de otro material no conductor. El bloque de montaje 48 preferiblemente incluye conductos internos 50 y está cerrado herméticamente con relación al tubo 10 por medio de una junta tórica de estanqueidad 52. Un tubo de entrada de aire 56 montado en un tapón 58 en el extremo superior del tubo 10 permite conducir aire procedente de una fuente adecuada hasta el fondo del tubo 10 de tal modo que el mismo pueda pasar a través de los conductos 50 y se difunda hacia arriba en forma de burbujas 60 a través de la solución 42 en la región comprendida entre el tubo 10 y el ánodo tubular

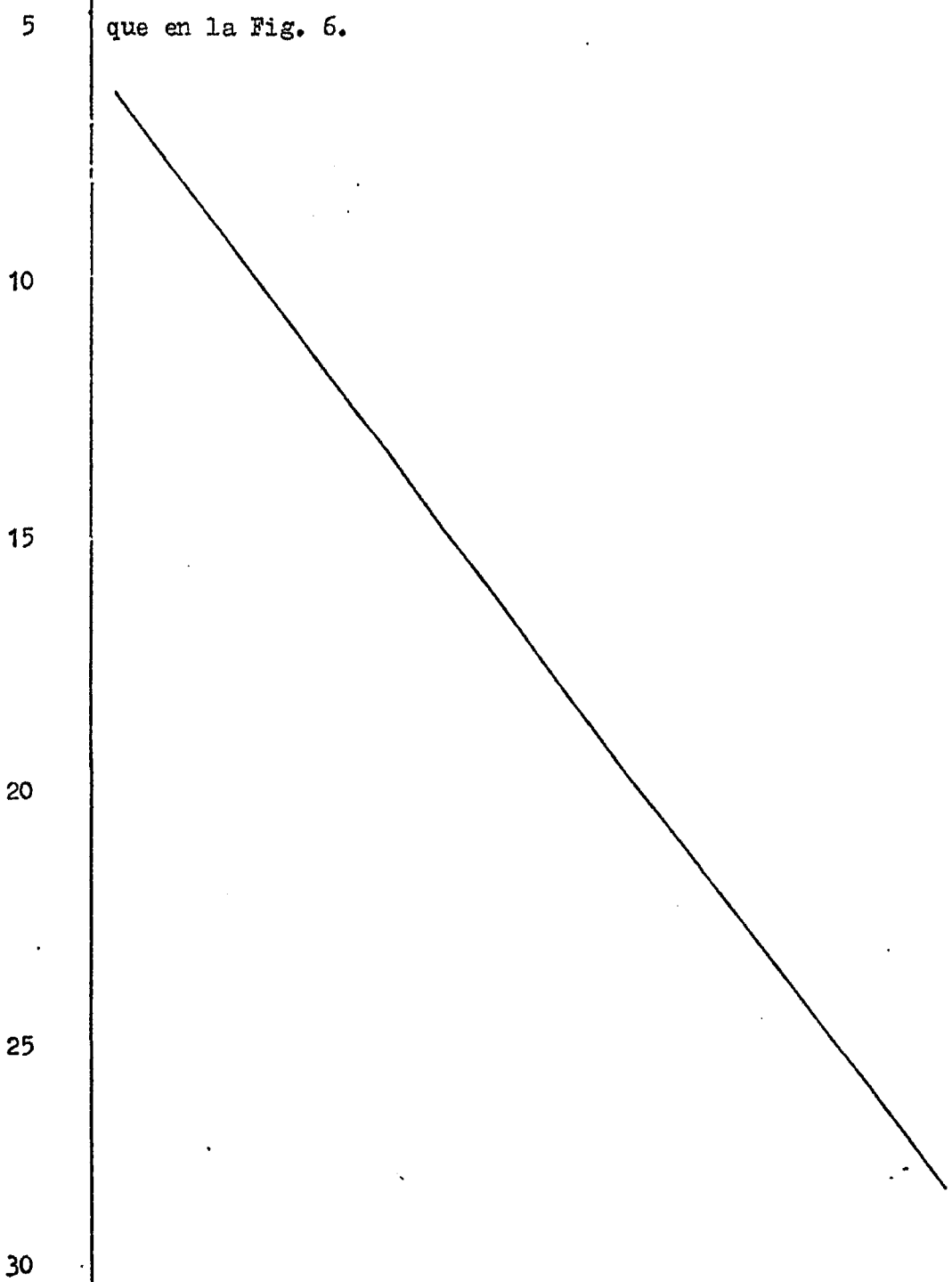
44. Las burbujas 60 agitan la solución de galvanoplastia 42 y proporcionan un revestimiento electrolítico más uniforme. El cátodo o miembro de tubo 10 está conectado por un miembro de hilo conductor 62 y un conector o anillo abrazadera 64 a una batería u otra fuente de corriente continua 68. El ánodo 44 está conectado con un miembro de hilo conductor 66 a la batería 68.

La Fig. 4 ilustra la etapa de pirólisis de la espuma orgánica después que la misma se ha revestido galvanicamente con una superficie 72 de cobre en el aparato de galvanoplastia 40. La operación de pirólisis separa la espuma pero deja espacios abiertos bajo el revestimiento galvanico de cobre, los cuales forman poros bajo la superficie de cobre 72.

La Fig. 5 ilustra una etapa preferida por la cual el tubo pirolizado se hace pasar a través de una serie de matrices de recalcado 76 que fuerzan hacia abajo la superficie de cobre 72 de tal modo que ésta adquiere un diámetro exterior 72' más pequeño. La superficie recalcada proporciona la ventaja de un diámetro exterior más pequeño de tal modo que los tubos pueden disponerse más próximos unos a otros en un haz tubular.

Las Figs. 6 y 7, que se han preparado a partir de fotografías obtenidas en un microscopio electrónico de examen minucioso (MEEM) con 100 aumentos aproximadamente, muestran la superficie de un tubo experimental producido en el aparato de la Fig. 3. En la Fig. 6, se muestra el tubo 10 después de la pirólisis y se ilustra la naturaleza porosa de la superficie de cobre 72 producida por revestimiento electrolítico. La Fig. 7 ilustra una porción del mismo tubo

después del recalcado a través de una matriz 76 de 16,3 mm de diámetro de la manera ilustrada en la Fig. 5. La superficie 72' de cobre obtenido por galvanoplastia y recalcado se ha comprimido de tal modo que son visibles menos poros que en la Fig. 6.



REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se pre-
sentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente
de Invención en España, por VEINTE años, son los que se re-
cogen en las reivindicaciones siguientes.

10 1a.- Un método para proporcionar un miembro de
transmisión de calor metálico con una superficie de ebulli-
ción nucleada porosa, que comprende las etapas de aplicar
una capa de material de espuma orgánico reticulado de po-
ros abiertos que tiene un revestimiento adherente de grafi-
to conductor a la superficie del miembro metálico y recu-
15 brir por galvanoplastia las superficies revestidas de gra-
fito expuestas del material de espuma reticulado y las su-
perficies expuestas del miembro metálico que están situadas
bajo el material de espuma con un metal con el fin de for-
mar una superficie metálica reticulada que tiene poros
20 abiertos que está situada encima de la superficie del miem-
bro metálico y está adherida firmemente al mismo.

25 2a.- El método de la reivindicación 1a, en el
que dicho revestimiento de grafito se aplica a dicha capa
de material de espuma por medio de un molino de cizalla-
miento.

30 3a.- El método de la reivindicación 1a ó 2a, en
el que dicho miembro de transmisión de calor es un tubo y
dicha capa de material de espuma revestido de grafito se
aplica enrollando espiralmente una banda de dicho material
de espuma alrededor de dicho tubo.

4a.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1a a 3a, en el que dicho recubrimiento por galvanoplastia tiene un espesor comprendido en el intervalo de aproximadamente 10,2 a 15,2 micras.

5 5a.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1a a 4a, en el que dicho miembro de transmisión de calor metálico se calienta después de la aplicación del recubrimiento por galvanoplastia para pirolizar el material de espuma orgánico.

10 6a.- El método de la reivindicación 5a, en el que dicho recubrimiento por galvanoplastia metálico se hace suficientemente delgado para que porciones del mismo sean fracturadas por los gases que se desprenden durante la pirolización para producir aberturas de poros en el mismo.

15 7a.- El método de la reivindicación 5a, en el que dicho calentamiento tiene lugar a una temperatura menor que 482°C.

20 8a.- "UN METODO PARA PROPORCIONAR UN MIEMBRO DE TRANSMISION DE CALOR METALICO CON UNA SUPERFICIE DE EBULLICION NUCLEADA POROSA".

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

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

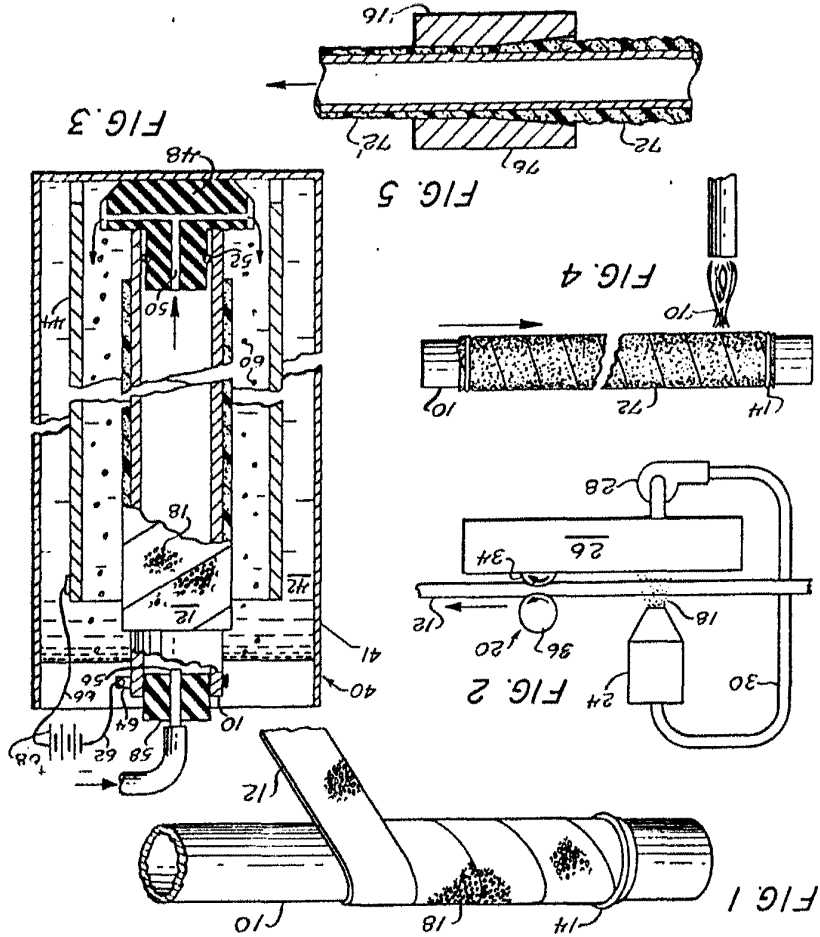
Madrid, 09.FEB.1979

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder.



Alberto de Elizaburu
Patent Attorney



P70818

Fig. 6

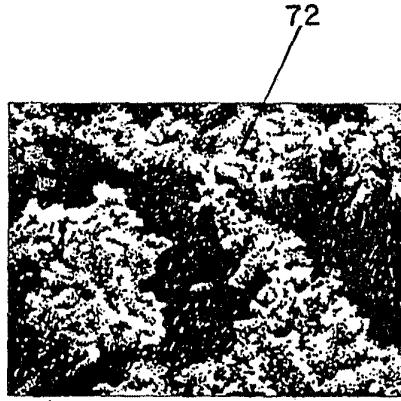
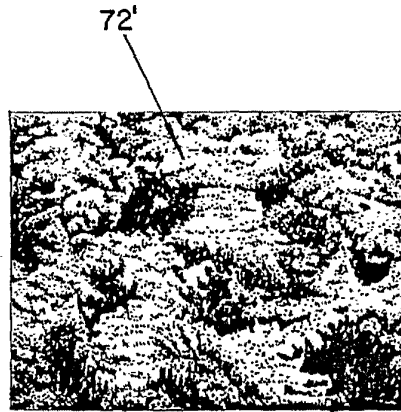


Fig. 7



Alberto de Elizaburu
For Poder,