

3 4 2 6 5 7

P.- 35.687

L 6858 - U

Memoria descriptiva

14 JUN 1969



para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

con domicilio en 270 Park Avenue, Nueva York, N.Y., Estados
Unidos de América.

por: "UN DISPOSITIVO DE PARED METALICA TERMICAMENTE CONDUC-
TORA PARA TRANSFERIR CALOR A UN LIQUIDO HIRVIENTE"
(Clase Internacional F28f)



La presente invención se refiere a paredes metálicas de transmisión de calor, térmicamente conductoras, que están expuestas por un lado a un líquido en ebullición; y especialmente a las paredes de este género que dan una mejor transmisión de calor por el lado del líquido hirviente.

La transmisión de calor a regímenes o velocidades efectivas desde una superficie calentada a un líquido hirviente en contacto con ella exige de ordinario que entre la superficie y el líquido haya una importante diferencia de temperaturas, lo que afecta grandemente al rendimiento de la transmisión de calor. Uno de los factores importantes que regulan este rendimiento es la naturaleza de la superficie calentada que está en contacto con el líquido; sabido es, por ejemplo, que las superficies de hervidor lisas dan bajos coeficientes de transmisión de calor por el lado de la ebullición. Los bajos coeficientes de transmisión de calor de ebullición limitan a menudo radicalmente la capacidad de transmisión de calor de los hervidores. Por ejemplo, cuando el calor para la ebullición viene suministrado por un vapor que se condensa en una superficie de transmisión de calor de paredes lisas, el coeficiente de transmisión de calor de condensación fácilmente puede ser del orden de 9720 kilocalorías por metro cuadrado, por hora y por grado centígrado (9720 kcal/m².h.°C), en tanto que el coeficiente de transmisión de calor de ebullición contra el



114

lado opuesto de la superficie de transmisión de calor puede ser de sólo 486 a 972 kcal/m².h.^{°C}.

5 La generación de vapor en ebullición nucleada exige la presencia de núcleos de vapor en lugares de ebullición activos. En las superficies lisas ordinarias, estos lugares son huecos o rayas microscópicas (microhuecos) que pueden retener gas o vapor debido a la forma y el pequeño tamaño de los mismos. Sin embargo, estos microhuecos son relativamente pocos en número, y no se puede confiar
10 en ellos porque con intermitencias perderán su contenido de vapor.

En el pasado, los intentos de mejorar la transmisión de calor en las superficies en contacto con un líquido hirviente se encaminaban a dar rugosidad a estas superficies de diferentes maneras: por ejemplo, por medio de surcos muy juntos freados en ellas, o utilizando superficies convencionales con aletas, cuyas aletas estaban enrolladas en los bordes para abocardar algo del metal a intervalos sobre los espacios intermedios y formar así
15 cavidades de retención de vapor. Aún cuando tales superficies daban un mayor número de lugares de ebullición activos, la retención de vapor en estos lugares aún tendía a ser intermitente, con el resultado de que la mejora alcanzada no fué sino moderada.

25 Por todo ello, es objeto de esta invención una pared térmicamente conductiva, dotada de una superficie capaz de transmitir calor a un líquido hirviente en contacto con ella, haciéndolo más eficazmente de lo que hasta ahora era posible.

30 Conforme al presente invento, una pared metá-



114 31

5 lica térmicamente conductora para transferir calor a un líquido en ebullición en contacto con una superficie de dicha pared, comprendiendo dicha pared, por el lado que ha de ponerse en contacto con dicho líquido en ebullición, una pluralidad de surcos sustancialmente paralelos separados por lomos, cada uno de los cuales comprende partes laterales que entran en un surco adyacente, formando las partes laterales de los lomos cavidades subsuperficiales que comunican con el exterior a través de aberturas estrechadas que son menos anchas que dichas cavidades, se caracteriza porque los surcos están presentes con una densidad de más de 8 surcos por centímetro.

10 En las ilustraciones que se acompañan:

15 - la figura 1 es una fotomicrografía a 20 aumentos, de la superficie superior de una carga de superficie de hervidor con surcos cruzados, realizada conforme al presente invento;

20 - la figura 2 es una fotomicrografía a 75 aumentos, de una sección recta de la capa superficial de hervidor de la fig. 1, tomada en un plano vertical que forma un ángulo de aproximadamente 95° con los surcos horizontales de la fig. 1;

25 - la figura 3 es una fotomicrografía a 40 aumentos, de una sección recta de una capa superficial de hervidor similar a la representada en las fig. 1 y 2, tomada en un plano vertical de la misma manera que la fig. 2;

30 - la figura 4 es una fotomicrografía a 3 40, aumentos, de una sección recta de otra forma de

14 JUN



ejecución de capa superficial de hervidor, tomada según un plano vertical de igual manera que en la fig. 2;

5 - la figura 5 es una fotomicrografía a 20 aumentos, de la superficie superior de una forma de ejecución de capa superficial de hervidor con surcos en una sola dirección, realizada conforme al presente invento;

10 - la figura 6 es una fotomicrografía a 40 aumentos, de una sección recta de otra capa superficial de hervidor con surcos en una sola dirección, tomada en ángulo recto con los surcos y lomos;

15 - la figura 7 es una gráfica ilustrativa de datos de funcionamiento de ebullición de una masa de agua para una superficie de aluminio lisa y para superficies de aluminio conforme a esta invención;

20 - la figura 8 es una gráfica ilustrativa de datos de funcionamiento de ebullición de una masa de nitrógeno líquido, para una superficie de aluminio lisa y para superficies de aluminio conforme a la presente invención;

25 - la figura 9 es una vista esquemática según un corte en alzado, de un aparato de rayar o hacer surcos en una sola dirección, adecuado para poner en práctica el método de esta invención para formar capas de superficie de hervidores;

- la figura 10 es una vista esquemática, según un corte en alzado, de un aparato de rayar en dos direcciones;

30 - la figura 11 es una vista esquemática, según un corte en alzado, de un aparato adecuado para ra



yar o producir simultáneamente varios surcos utilizando una herramienta circular;

- la figura 12 es una vista por un extremo del aparato de la fig. 11;

5

- la figura 13 es una vista esquemática, según un corte en alzado, de un aparato de fresar en una sola dirección;

10

- la figura 14 es una vista esquemática, según un corte en alzado, de un aparato adecuado para fresar la capa superficial de hervidor conforme al método de esta invención, utilizando una fresa o herramienta de corte giratoria;

15

- la figura 15 es una vista esquemática, según un corte en alzado, de un aparato adecuado para hacer el moleteado cruzado del primer grupo o juego de surcos;

- la figura 16 es una vista por un extremo del aparato de la fig. 15;

20

- la figura 17 es una gráfica ilustrativa de datos de funcionamiento de ebullición de una masa de nitrógeno líquido, para una superficie de aluminio lisa y para superficies rayadas en una sola dirección, según el presente invento, que tengan de 11 a 90 surcos por centímetro;

25

- la figura 18 es una gráfica ilustrativa de datos de funcionamiento de ebullición de una masa de agua para una superficie de aluminio lisa y para superficies rayadas en una sola dirección, según el presente invento, que tengan de 11 a 90 surcos por centímetro; y

30

- la figura 19 es una gráfica ilustrativa de datos de funcionamiento de ebullición de una masa de agua



para superficies metálicas lisas y para las superficies -
con rayado cruzado hechas de una variedad de diferentes -
metales, y que tienen de 18 a 88 surcos por centímetro.

5 Según se cree, la superficie de ebullición o de hervidor del presente invento funciona tan bien porque las cavidades formadas dentro de los surcos atrapan con bastante seguridad unas burbujas de vapor mucho más - grandes que las que se hallan en los lugares activos de - las superficies lisas ordinarias, o dotadas mecánicamente-
10 de rugosidad.

Al parecer, durante el proceso de la ebullición, en el interior de las cavidades quedan permanentemente atrapadas unas burbujas de vapor que sirven continuamente de núcleos para la formación de vapor; entre una bur-
15 buja de vapor atrapada y la superficie metálica contigua - que define la cavidad, se mantiene una delgada capa de líquido que ofrece una resistencia de transmisión de calor - muy baja entre el metal y la zona interfacial o de separación de líquido y vapor; y esta película líquida se repone,
20 por ejemplo, a través de unas aberturas subsuperficiales - proporcionadas por unos surcos transversales, para mantener el desarrollo o crecimiento de las burbujas de vapor - atrapadas a medida que el vapor escapa de las cavidades -- por las aberturas restringidas o estrechadas de éstas.

25 La eficaz transmisión de calor que se logra por medio de las capas de superficie de hervidor de la invención proviene del hecho de que el calor que abandona la superficie metálica de base no tiene que recorrer una capa apreciable de líquido antes de encontrarse con una su-
30 perficie de vapor-líquido productora de evaporación. Dentro



de la capa de superficie de ebullición se desarrolla una multitud de burbujas de película delgada, de modo que el calor, para llegar a una cara divisoria de vapor-líquido, sólo necesita recorrer una capa de líquido extremadamente delgada, de un espesor considerablemente menor que la anchura del interior de la cavidad de confinamiento. La vaporización del líquido se produce enteramente dentro de las cavidades, no necesitándose, ni siendo posible que ocurra, el recalentamiento sustancial de la masa de líquido.

En cambio, en el caso de una superficie metálica lisa sólo existen unos pocos puntos de burbuja, y la iniciación del desarrollo de burbujas exige un alto grado de recalentamiento, debido a la fuerza de compresión que la tensión superficial del líquido ejerce sobre una pequeñísima burbuja. El calor para el desarrollo de las burbujas debe transmitirse por convección y conducción desde el metal liso de la base a la zona interfacial de vapor-líquido distante, de una burbuja que está rodeada casi por completo de masa líquida.

El funcionamiento arriba descrito de la capa de superficie de ebullición del presente invento no se deriva simplemente como resultado de aumentar el área de la superficie, por ejemplo, por el recurso de darle a ésta mayor rugosidad mecánicamente. Tal hecho se puso en evidencia en un ensayo que comprendía el empleo de una capa de superficie de ebullición con surcos cruzados, del presente invento, unida a un bloque de cobre que contenía unos serpentines de caldeo empotrados, para hacer hervir un fluido, tal como nitrógeno líquido, en el cual se había sumergido el bloque compuesto. Con reducidísimos flujos de calor, in-



suficientes para activar las cavidades con vapor, el coeficiente de transmisión de calor de ebullición y el aspecto visual ofrecido por el fenómeno de producción de los puntos de burbuja eran completamente similares a los obtenidos con el bloque de cobre de superficie lisa. En cambio, con mayores flujos de calor, suficientes para producir la activación de vapor en las cavidades, se obtuvieron coeficientes de ebullición extremadamente altos, imposibles de lograr con el bloque liso o con un bloque dotado de superficies rugosas obtenidas totalmente por mecanización. Los siguientes resultados de ensayos efectuados con nitrógeno en ebullición ilustran el efecto de las superficies de hervidor de surcos cruzados de esta invención, en comparación con las superficies lisas y las mecánicamente "arrugadas", o dotadas de rugosidad, típicas de la técnica ya conocida.

TABLA I.

Tipo de superficie	Temperatura (°C) necesaria para		Coeficiente de transmisión de calor (kcal/m ² .h. °C) para	
	2700 kcal/m ² .h.	27000 kcal/m ² .h.	2700 kcal/m ² .h.	27000 kcal/m ² .h.
Aluminio liso	-15	-3,9	972	1944
Aluminio mecánicamente "arrugado" por fresado en una dirección, sin aberturas subsuperficiales ni estrechadas..	-16,4	-15	1944	9720
Aluminio mecánicamente "arrugado" por fresado cruzado en ángulo recto, sin aberturas subsuperficiales ni estrechadas.....	-17	-16,5	3260	21600
Aluminio preparado conforme a esta invención, con cavidades subsuperficiales dotadas de aberturas tanto estrechadas como subsuperficiales por				

Tipo de superficie	Temperatura (°C) necesaria para		Coeficiente de transmisión de calor (kcal/m ² .h.°C) para	
	2700 kcal/m ² .h.	27000 kcal/m ² .h.	2700 kcal/m ² .h.	27000 kcal/m ² .h.
rayado en una sola dirección (realización de la fig.5)	- 17,5	-16,7	9720	25600
5 Aluminio preparado conforme a esta invención, con cavidades subsuperficiales dotadas de aberturas tanto estrechadas como subsuperficiales por rayado cruzado en ángulo recto (realiz. de las figs. 1 y 2)	- 17,6	-17,2	16040	48600



La capa de superficie de ebullición con surcos cruzados que se representa en la fig. 1 se hizo con una herramienta de rayar. La herramienta se pasó primero por la superficie de izquierda a derecha empezando por la parte alta de la figura. Después de formado cada surco, se hacía avanzar la herramienta de arriba a abajo de la figura, introduciéndose así en el material de base, por rayado, un grupo de lomos o resaltos paralelos separados por surcos. A continuación se pasó la herramienta transversalmente por este primer grupo de lomos, formándose unos surcos cruzados. Los surcos cruzados se formaron pasando la herramienta de arriba a abajo de la figura por el material de base esencialmente a 90° respecto a la orientación de los lomos o resaltos primeramente formados, y haciendo avanzar la herramienta de derecha a izquierda de la figura después de la formación de cada surco cruzado, de tal modo que se produjo un segundo grupo de surcos en ángulo recto con los lomos o resaltos primeramente formados, y segmentando a estos últimos como se ilustra en la figura.

30 Para comprender la estructura de la capa de su



superficie de ebullición o de hervidor, una fotomicrografía de la superficie, tal como la daba en la fig. 1, no resulta completamente adecuada, por no aparecer la estructura subsuperficial. Para poner de manifiesto más claramente el contorno de la capa de superficie de ebullición indicada en la fig. 1 como ejemplo, la capa de superficie de ebullición fué impregnada con una resina plástica, y seccionada verticalmente con un ligerísimo ángulo de oblicuidad respecto a la orientación de los surcos primeramente formados, siendo luego pulido y microfotografiado uno de los cantos o bordes de seccionamiento.

La impregnación con resina plástica se hizo para que el corte y pulimento sucesivos no deformaran la estructura de la capa superficial de ebullición, y el seccionamiento vertical con ligerísimo ángulo de oblicuidad respecto a la orientación de los surcos primeramente formados se hizo para que los bordes o cantos verticales ilustraran la estructura de la capa de superficie de ebullición en diferentes lugares a lo largo de los resaltos segmentados. La figura 2 es esta sección vertical, tomada según un ángulo de 95° con la orientación de los surcos primeramente formados. Los salientes que se muestran en esta figura son unos cortes transversales de los resaltos formados entre los surcos primeramente practicados, tal como aparecen después de haber hecho pasar una herramienta de rayar con punta algo roma, cruzando la superficie en ángulo recto con estos resaltos o lomos. El punto de referencia 1 en la fig. 2 indica una sección transversal de uno de estos lomos o resaltos, en un plano situado entre dos surcos transversos contiguos. El punto de referencia 2 de la fig. 2 indica una sección

9 SEP. 1967



transversal de otro de dichos lomos o resaltos en un plano
situado en la parte media de uno de los surcos cruzados, -
formados en segundo lugar. Es de notar que la profundidad--
de los surcos transversos es muy somera comparada con la -
5 profundidad de los surcos que hay entre los lomos, y por -
consiguiente los lomos no se segmentan en trozos o tramos -
desunidos. La profundidad de los surcos transversos puede -
medirse por la diferencia de altura en la parte alta del -
lomo del punto 1 y en la parte alta del lomo del punto 2.
10 El punto de referencia 3 de la fig. 2 indica una sección -
transversal de otro de estos lomos o resaltos en un plano-
situado a lo largo del borde posterior de uno de los surcos
transversos practicados en segundo lugar. Así, la sección -
transversal de la fig. 2 ilustra efectivamente, de derecha-
15 a izquierda, la estructura de los resaltos o lomos de la -
capa de superficie de ebullición, en una serie de planos -
que empieza entre surcos transversos adyacentes (por la de-
recha) y, progresando por un surco contiguo (en el centro)
llega por ese surco a la pared posterior del mismo (a la iz-
20 quierda). Esta estructura se repite de un borde al opuesto -
de la capa de la superficie de ebullición. Las cavidades -
subsuperficiales que hay en la capa de superficie de ebulli-
ción de las figs. 1 y 2 constan de túneles casi completamen-
te cerrados, que corren a lo largo del fondo de los surcos -
25 primeramente formados. El segundo grupo (transverso) de sur-
cos es muy superficial, y la forma de los surcos y resaltos
primeramente practicados parece ser casi independiente de -
la superposición del segundo grupo de surcos sobre los ci-
tados resaltos. Sin embargo, en el punto 2 de la fig. 2, -
30 correspondiente a la situación del fondo de un surco practi-



5 cado en segundo lugar, la estructura de la parte superior de los resaltos aparece modificada de tal modo que el surco primeramente formado queda casi completamente cerrado. - Cerca de los puntos 1 y 3 de la fig. 2 correspondientes a -
lugares situados entre surcos transversos o de segunda for-
mación contiguos, las partes superiores de los resaltos -
no parecen haber sido afectadas por dichos surcos trans-
versos, existiendo una abertura de acceso a la superficie,
mayor que el hueco que queda entre los resaltos cerca del
10 punto 2. También aparece en la figura que la cavidad a mo-
do de túnel, por debajo del surco transverso, es más ancha
cerca del punto 2 que en los puntos 1 y 3.

15 La figura 3 es un corte transversal de una
capa de superficie de ebullición con surcos cruzados, ra-
yada de igual manera que la de la fig. 2 pero con el auxi-
lio de una herramienta de rayar de punta más afilada, y los
surcos transversos se practicaron a una profundidad apro-
ximadamente mitad de la de los surcos comprendidos entre -
los resaltos primeramente reformados. La naturaleza repe-
20 titiva de la estructura en sección transversal es más evi-
dente en la fig. 3 que en la fig. 2. El resalto del punto -
R está situado en un plano comprendido entre surcos trans-
versos adyacentes, y el fondo de estos surcos transversos-
adyacentes puede apreciarse fácilmente.

25 Las cavidades subsuperficiales de la fig. 3
difieren en aspecto de las que aparecen en la fig. 2 ya que
las cavidades de la fig. 3 aparecen extendiéndose a partir
de un punto comprendido entre dos surcos transversos, por
debajo de un surco transverso contiguo o adyacente, hasta
30 un punto comprendido entre otros dos surcos transversos. -



Además, a semejanza de lo que ocurre con las cavidades -
de la fig. 2, las de la fig 3 tienen su tamaño más pequeño
por debajo de los surcos transversos.

5 Las cavidades de ambas figuras, 2 y 3, tienen
como rasgo común el de que la estructura es tal que existen
aberturas estrechadas a través de las cuales puede escapar
el vapor durante la ebullición sin que se pierdan burbujas
de vapor encerradas dentro de las cavidades. Otra caracte -
rística es la de que hay también otras aberturas a través -
10 de las cuales puede entrar líquido para reponer o rellenar
las delgadas películas de líquido entre las burbujas de -
vapor encerradas y el material de la capa de superficie de
ebullición que las encierra. Hay todavía otra característi -
ca común a las cavidades de las figs. 2 y 3: la de que no -
15 todas las cavidades son capaces de atrapar o encerrar bur -
bujas de vapor, ni de liberar vapor, o similar, debido a -
imperfecciones producidas durante la formación de las capas
de superficie de ebullición. Ahora bien, las capas de su -
perficie de ebullición formadas de la manera ilustrada en -
20 las figs. 1 a 3 contienen muchas decenas de miles de luga -
res potencialmente activos, y aun cuando la proporción efec -
tiva de lugares activos sea o pueda ser relativamente pe -
queña, en verdad, son ellos los que explican y responden -
de la fenomenal capacidad de transmisión de calor de ebu -
25 llición que estas superficies poseen.

La fig. 4 es una sección transversal vertical
de otra capa de superficie de ebullición, en la cual, como
en la de la fig. 2, los surcos del primer grupo son mucho -
más profundos que los del segundo. Es característica distin -
30 tiva de esta superficie la de que las aberturas estrechadas



de acceso a la superficie exterior están formadas por las partes exteriores deformadas y en superposición de los resaltes o lomos, y no por deformación lateral de la totalidad de los resaltes como en la fig. 2.

5 La fig. 5 ilustra una forma de ejecución de capa de superficie de ebullición con surcos en una sola dirección, formados con una herramienta de rayar. La herramienta se hizo pasar por la superficie de derecha a izquierda, con avance de arriba a abajo, mientras se le daba, en
10 la dirección del avance, una inclinación de 10° respecto a la perpendicular, esto es, un ángulo de 10° positivos.

 La fig. 6 ilustra en sección transversal vertical otra capa de superficie de ebullición que comprende surcos de una sola dirección, tomada la sección en ángulo
15 recto con los resaltes y los surcos (sección recta). En este caso, la herramienta de rayar se mantuvo perpendicular a la pieza de labor y se hizo avanzar dederecha a izquierda, formándose el último surco a la izquierda. Aquí, lo mismo que en la producción de la superficie de la fig.
20 5, los resaltes deformados provienen de que la herramienta de rayar obliga al resalto que se está formando, hacia el surco terminado que inmediatamente le precede. Las características cavidades a modo de túnel, con sus aberturas estrechadas de acceso a la superficie, pueden apreciarse clara-
25 mente en esta vista en sección recta.

 Las diferencias de aspecto entre las diversas superficies se deben a variables tales como la densidad de surcos, la profundidad de los surcos de rayado, el ángulo de inclinación de las herramientas, la velocidad a que se
30 mueve la herramienta por el material, el tipo de lubricante



5 empleado, en su caso, durante el rayado, y la configuración de la punta de la herramienta de rayar. Por ejemplo, para una determinada densidad de surcos, si el rayado se hace de mayor profundidad dará por resultado un mayor grado de deformación. De igual modo, la inclinación de la herramienta de rayar, sobre el material que acaba de rayarse, con un ángulo negativo, o con un ángulo positivo mayor, dará también por resultado un mayor grado de deformación. Además, es posible obtener una buena calidad de funcionamiento dada, con una menor densidad de surcos, recurriendo al rayado cruzado, ya que con éste tenderá a haber más deformación que con el rayado en una sola dirección.

10 Aún cuando las capas de superficie de ebullición ilustradas en las figs. 1 a 6 inclusive se produjeron en una pared de transmisión de calor plana, estas capas superficiales de ebullición podrían producirse en una superficie curva, tal como la de un tubo de transmisión de calor.

15 Un método preferido de construir una capa de superficie de ebullición dotada de surcos transversos consiste en formar ambos grupos de surcos mediante rayado cruzado de tal modo que el metal se desplace en lugar de ser quitado. Así, en la formación de los surcos paralelos, de un primer grupo, la herramienta de rayar tenderá a desplazar el metal hacia arriba, y hacia fuera. Cuando, a continuación, se superpongan los surcos paralelos de un segundo grupo sobre los del primer grupo, el metal previamente desplazado del primer juego de surcos se verá desplazado de nuevo, dando lugar al cierre parcial de los surcos del primer grupo y formando cavidades que están agrandadas por de-

20

25

30



bajo de la superficie del metal y tienen unas aberturas estrechadas en sus partes exteriores.

5 Para realizar aún más la capacidad de los surcos del primer grupo para transportar el líquido a las cavidades y contribuir a la formación de las propias cavidades, se prefiere también producir los surcos del segundo-grupo con una profundidad menor que la de los surcos del primer grupo. Esto tiende a dar por resultado la producción, en el fondo de los surcos del primer juego o grupo, de
10 unas cavidades parcialmente cerradas por arriba por el metal desplazado al serles superpuestos los surcos del segundo grupo. Según se cree, ésto da lugar a la producción de canales incólumes que interconectan las cavidades por debajo de la superficie y contribuyen a una geometría subsuperficial capaz de conducir a la retención o encierro del
15 vapor dentro de las cavidades.

Se prefiere asimismo producir los surcos del primer grupo con una herramienta inclinada respecto a
20 la superficie de ebullición, de tal modo que los surcos así formados queden inclinados. Los surcos del segundo grupo se producen entonces de preferencia con una herramienta que se mueve en la dirección en que están inclinados los surcos del primer grupo, para así formar las deseadas cavidades con aberturas estrechadas.

25 La situación o localización de las cavidades depende, al menos en parte, de las profundidades relativas a los dos grupos de surcos. Según se ha observado, la superposición de un segundo grupo de surcos cruzados con los del primer grupo, aproximadamente a la misma profundidad,
30 por medio de una herramienta de rayar, produce cavi -



dades dentro de los surcos del primer grupo y entre los -
surcos del segundo grupo. Se ha observado asimismo que la
superposición de un segundo grupo de surcos a profundidad
relativamente somera por medio de una herramienta de rayar,
5 produce cavidades dentro de los surcos del primer grupo -
y por debajo de los surcos del segundo grupo. Asimismo, -
haciendo los surcos del segundo grupo de una profundidad
relativa intermedia, se han formado cavidades dentro de -
los surcos del primer grupo por debajo y entre los surcos
10 del segundo grupo. En cada uno de los ejemplos arriba enu-
merados, la superposición del segundo grupo de surcos por
medio de la herramienta de rayar pareció constituir un im-
por-tante factor en la producción de las aberturas estre -
chadas en las partes exteriores de las cavidades múltiples.
15 Esta formación de las aberturas estrechadas parecía prove-
nir del desplazamiento de las paredes laterales de los sur-
cos del primer grupo a medida que la herramienta de rayar -
se iba moviendo transversalmente al primer grupo de surcos,
para formar los surcos del segundo grupo.

20 Hay una importante variable en la estructura
preferida de esta invención, y es la densidad de surcos.
Una densidad de surcos relativamente grande contribuye a -
formar cavidades más pequeñas, que funcionan mejor para -
hervir líquidos que tengan una tensión superficial relati-
25 vamente baja, tales como oxígeno y nitrógeno líquidos. Pa-
ra estos dos líquidos, así como para los líquidos de ten -
siones superficiales semejantes, se prefiere una capa de su-
perficie de ebullición hecha de aluminio, y una densidad -
de 55 a 79 surcos por centímetro. Una densidad de surcos -
30 relativamente pequeña contribuye a la formación de cavida -



des mayores, que funcionan mejor en la ebullición de líquidos, tales como el agua, cuya tensión superficial sea relativamente alta. Para el agua y para los líquidos que tengan tensiones superficiales semejantes se prefiere una densidad de 8 a 48 surcos por centímetro. Las cavidades para ebullición de líquidos con tensiones superficiales intermedias entre las del agua y del oxígeno y nitrógeno líquidos se formarían preferiblemente en superficies con densidades de surcos intermedias entre los valores indicados.

Los valores indicados para las densidades de surcos se prefieren simplemente por la razón de que dan cavidades de tamaño óptimo. Ahora bien, las superficies de ebullición de este invento proyectadas, por ejemplo, para hervir nitrógeno líquido, podrían utilizarse para hervir agua, y su funcionamiento con el agua sería considerablemente superior al de una superficie lisa, aun cuando no se empleara el tamaño óptimo de cavidades.

Como regla general, ha de elegirse la densidad de surcos más reducida con la que se logre el funcionamiento deseado. Esto es así porque las densidades de surcos más pequeña tienden a dar resaltos o lomos más voluminosos y robustos, menos propensos a estropearse por corrosión o erosión, y con menores costos de mecanización.

La Tabla II relaciona los datos físicos para las capas de superficie de ebullición de las figs. 1 a 6.



TABLA II

Figura	Surcos por cm (1)	Angulo de inclinación del útil de rayar.	Profundidad de los surcos de primera formación (mm.)	Profundidad de los surcos de segunda formación o transversos (mm)	Angulo de inclinación del útil de rayar (1 o-) (2)	
5	1 y 2	95	30°	0,40	0,06	+10°
	3	82	30°	0,28	0,20	+10°
	4	24	30°	0,58	0,20	+10°
	5	91	30°	0,20	0	+10°
	6	91	30°	0,31	0	0°

10

(1). La misma densidad de surcos para ambos grupos de surcos en las capas de superficie de ebullición de surcos cruzados.

(2). El ángulo positivo (+) indica que la herramienta o útil de rayar tenía su inclinación en el sentido del avance del útil; el ángulo negativo indica que el útil de rayar estaba inclinado en sentido opuesto al del avance del útil.

15

Las figs. 7 y 8 ilustran el funcionamiento de unas capas de superficie de ebullición del presente invento, en la transmisión de calor de ebullición a una masa líquida, en comparación con una superficie lisa. La fig. 7 representa gráficamente los resultados de ensayo para el agua, y la fig. 8 los resultados de ensayo para nitrógeno líquido.

20

En la fig. 7, la curva 1 muestra el modo de trabajar de una capa de superficie de ebullición de aluminio, con surcos en una sola dirección, conforme a la fig. 5; y la curva 2 ilustra el funcionamiento de una capa tipo de superficie de ebullición de aluminio con surcos cruzados. Esta última tenía los primeros surcos de rayado de 0,38 mm. de profundidad, y los segundos surcos de 0,28 mm. de pro-

25

30



14

fundidad y en dirección normal a los primeros, estando en
ambos grupos de surcos practicados con una densidad de 39 sur-
cos por centímetro. La curva 3 ilustra el comportamiento
de una superficie de ebullición de cobre conforme a la fig.
4 y tal como se ha especificado en la tabla II. En función
de la diferencia de temperaturas necesarias como fuerza de
impulsión para transmitir una cantidad determinada cualquie-
ra de calor, el comportamiento de las dos capas de superfi-
cie de ebullición de aluminio, ilustrado por las curvas 1
y 2, es en más de cinco veces superior al comportamiento
de una superficie de aluminio lisa, ilustrado por medio de
la línea 4 de trazo interrumpido. Además, la mayor pendien-
te de las curvas 1 y 2 indica que la velocidad de transmi-
sión de calor de las superficies representadas por estas
curvas aumentaba más rápidamente, con mayores diferencias
de temperatura, que la de una superficie lisa.

En la fig. 8 se compara el comportamiento de una ca-
pa de superficie de ebullición de aluminio con surcos en
una sola dirección, según la fig. 5 (curva 1), y de unas
capas de superficie de ebullición de aluminio con surcos
cruzados, según la fig. 3 (curva 2), según una modificación
de las mismas, que tiene 63 surcos por centímetro marcados
con una herramienta de 45° de ángulo en la punta (curva 3),
y según las figuras 1 y 2 (curva 4), con el comportamiento
de una superficie lisa de aluminio (curva 5 de trazo inte-
rrumpido). En función de la diferencia de temperaturas ne-
cesaria como fuerza de impulsión para transmitir una deter-
minada cantidad de calor cualquiera, las capas de superfi-
cie de ebullición de este invento son bastante más de 50
veces superiores a una superficie de aluminio lisa.



14

La formación de surcos cruzados con penetraciones relativamente profundas y elevadas densidades de surcos da lugar a un grado extremado de interferencia de surcos y desplazamiento de metal. Las capas de superficie de ebullición así producidas presentan una orientación aleatoria, en lugar de uniforme, de las capas de superficie de ebullición, y el metal que forma esta capa de superficie queda algo frágil. No obstante, el comportamiento de trabajo de estas capas de superficie de ebullición es muy elevado, como se pone de manifiesto por la curva 4 de la fig. 8. Esta capa de superficie de ebullición, hecha de aluminio, tenía una densidad de surcos cruzados de aproximadamente 90 surcos por centímetro para ambos grupos de surcos, y una profundidad de alrededor de 0,25 mm. para los surcos de ambos grupos. Tales superficies tienen especial utilidad para hervir fluidos de poca tensión superficial, tales como los gases licuados de bajo punto de ebullición.

El gran perfeccionamiento que la presente invención representa en el trabajo de ebullición aplicado al nitrógeno líquido es aplicable en general a todos los gases licuados de bajo punto de ebullición, y por tanto las capas de superficie de ebullición del presente invento tendrán especial utilidad en los procesos de transmisión de calor que impliquen la ebullición de líquidos criogénicos. Por otra parte, la mejora, más molesta pero, con todo, muy apreciable, en la ebullición del agua indica que esta invención tiene considerable utilidad en procedimientos tales como los de desalación del agua de mar por destilación, donde es conveniente tener pequeñas diferencias de temperatura y un elevado rendimiento.



5 Como antes se ha indicado, las capas de superfi-
cie de ebullición dotadas de surcos, del presente invento,
se forman de preferencia mediante rayado, ésto es, utili-
zando la herramienta para desplazar el metal lateralmente-
a lo largo de su trayectoria, y no para quitar o despren-
der metal de la pieza de labor. Con el rayado se producen-
surcos que pueden no ser de corte limpio sino, en cambio, -
contener muchas rebabas, fragmentos metálicos y un alto -
grado de rugosidad de superficie. Según se ha visto, los -
10 mejores resultados se obtienen limpiando simplemente la su-
perficie rayada, con una solución apropiada tal como aceto -
na, para quitar sólo las partículas metálicas sueltas. Los -
salientes de rugosidad firmemente fijados o agarrados no -
deben quitarse, pues con frecuencia constituyen parte de la
15 configuración de cavidad reentrante que da la alta calidad
de trabajo característica.

Un empleo interesante para las superficies de -
ebullición rayadas está en los cambiadores o transmisores -
de calor con placas y aletas, en los que el tratamiento su-
perficial se aplica en las chapas divisorias planas que -
20 separan los estrechos pasajes. Las chapas y las placas pla-
nas se rayan convenientemente sujetándolas firmemente contra
la mesa o bancada plana de una fresadora planificadora y -
montando la herramienta de manera usual en un puente fijo,-
por encima de la pieza de labor. La superficie se raya a me-
25 dida que la mesa mueve la labor horizontalmente por debajo -
de la herramienta. Tras cada carrera de rayado de la máquina,
se corre la herramienta lateralmente algunas centésimas de -
milímetro hasta situarla en la posición adecuada para hacer -
el surco inmediato sucesivo. Para formar los surcos con exac-
30 titud se necesita una máquina firme y bien apretada en sus -



partes, con muy poca vibración en el portaherramientas y en el mecanismo de avance.

Como variante de máquina para rayar chapa plana - se puede emplear una perfiladora o limadora, en la cual -
5 la pieza de labor se sujeta firmemente contra la mesa o - bancada fija, y la herramienta se mueve horizontalmente - sobre ella. Al cabo de cada carrera de rayado, se hace - avanzar la pieza a la posición del surco siguiente.

Las figs. 9 a 12 inclusive ilustran unas herra-
10 mientas de rayar adecuadas para preparar las superficies - de ebullición rayadas o dotadas de surcos. La fig. 9 mues- tra un útil o herramienta 11 de un sólo filo cortante 12, - que raya en un solo sentido formando el surco 13 en la pa- red 14. Estando en uso, la herramienta abre un surco en la
15 pared a todo lo largo, y luego gira o se levanta quedando - libre mientras la herramienta o la pieza de labor se devuel- ve a la posición primitiva o de partida. A continuación se - ejecuta el surco inmediato sucesivo.

La fig. 10 muestra una herramienta 11 de dos bo-
20 cas, con dos filos cortantes simétricos 12a y 12b dispues- tos para rayar en uno u otro sentido. La herramienta 11 - abre un surco 13 al moverse la máquina en un determinado - sentido, e inmediatamente abre el surco contiguo en la ca- rrera de retorno de la máquina. De esta manera, la opera -
25 ción de rayar es menos costosa, y lleva menos tiempo.

Las figs. 11 y 12 ilustran otra disposición de -
herramientas ideada para que la operación de rayar sea más
rápida. En un árbol 15 hay montado un grupo de herra-
30 mientas 11a a 11f inclusive, separadas con exactitud por medio de unos separadores cilíndricos 16a a 16g. Cada herra- mien-



ta tiene forma de plato, con un filo coctante (12_a a 12_f) -
dispuesto en torno a toda su periferia. Todas las herra -
mientas van enchavetadas o bloqueadas de otro modo en el -
árbol 15. Este último está sujeto en un cojineta 17, monta -
do a su vez en el mecanismo 18 de avance y portaherramien -
tas de una máquina semejante a una fresadora planificadora.
En un extremo del árbol 15 va enchavetado un disco o una -
rueda dentada 19, provisto de un pasador 20 introducible -
en unos agujeros o dientes del mismo y en un entrante pre -
visto en el portaherramientas rígido 18. De esta manera que -
dan fijas las herramientas contra rotación y, a medida que -
la mesa 20 mueve la pieza de labor 14 por debajo del conjun -
to de herramientas, se practican varios surcos 13 en la su -
perficie, en cada carrera de rayado. Como los filos cortan -
tes de las herramientas son simétricos hacia uno u otro sen -
tido del movimiento de la pieza, en la carrera de retorno -
de la máquina puede ejecutarse una segunda serie de surcos.

Cuando en una determinada posición radial se -
hayan desgastado los filos cortantes del conjunto de herra -
mientas, se saca el pasador 20 y se hace girar el conjunto -
algunos grados, para presentar un nuevo juego de filos cor -
tantes a la pieza de labor. El conjunto se vuelve a bloquear
introduciendo de nuevo el pasador 20 en otro agujero, ali -
neado ahora con el entrante del pasador en el miembro 18.

La herramienta puede influir mucho en el tipo
de superficie generado durante el rayado, y ello de dos ma -
neras diferentes. Una de ellas se refiere al ángulo de in -
clinación de la herramienta (antes estudiado), y la otra al -
ángulo formado por las superficies convergentes que consti -
tuyen el filo cortante de la herramienta.



Si éstas forman un ángulo grande, se tiende a producir unos surcos anchos, en tanto que un ángulo de boca pequeño produce surcos estrechos y parecidos a grietas o hendiduras. Este ángulo de abertura del filo determina también la extensión en que se desplazará el metal hacia un surco paralelo contiguo. Aparte de su influencia sobre el surco, el ángulo de abertura del filo afecta también a la duración útil de la herramienta; las herramientas de pequeño ángulo de abertura son propensas a roturas de filo, con el resultado de que la duración de la herramienta es prohibitivamente breve. Según se ha visto en la práctica, el ángulo de abertura de filo de la herramienta de rayar ha de estar comprendido entre 20° y 45°, prefiriéndose el valor de 20° a 30°.

La producción de capas de superficie de ebullición con surcos cruzados, conforme al presente invento, puede incluir otros métodos de corte como, por ejemplo, el de fresado. En contraste con el método de rayado que se prefiere, al fresar se quita o desprende por lo menos una parte del metal del surco, en forma de partículas o virutas. Este metal se desprende en dirección paralela a la del movimiento relativo entre la herramienta y la pieza de labor. La parte de la herramienta que se hincó en el metal en este caso es roma, para así quitar el metal del surco lo más limpiamente posible.

Las figs. 13 y 14 ilustran la preparación de las capas de superficie de ebullición dotadas de surcos mediante fresado. En la fig. 13, la herramienta 11 dotada de un solo filo cortante embotado 12 corta en un solo sentido, desprendiendo virutas. Las diferencias entre el fresado



y el rayado se pondrán de manifiesto comparando la fig. 9 con la fig. 13.

5 Mientras en la fig. 13 la herramienta de -
fresar 11 se mueve paralelamente a la pared 14, en la fig-
14 se ilustra una fresa giratoria 11, en tanto que es la
pared (pieza de labor) la que se mueve horizontalmente por
debajo de la fresa. Tal como se indica en la figura, el -
movimiento de los dientes de la fresa es opuesto al de la
pieza de labor. Como alternativa, puede invertirse la posi-
10 ción de la fresa y hacerse girar ésta en el mismo sentido -
en que se mueve la pieza de labor. Con ambos procedimientos
se desprende metal en forma de partículas limpias.

15 Esta invención prevé asimismo el recurso -
de formar el segundo grupo de depresiones o surcos por mé-
todos de deformación, distintos del de rayado o fresado. -
En algunos casos puede abrirse el primer grupo de surcos -
sin que haya aberturas estrechadas desde el interior de las
cavidades a la superficie exterior de la pared; o bien, como
alternativa, las aberturas pueden no tener unas áreas de -
20 sección transversal estrechadas en lo deseado para que -
atrapen o encierren eficazmente las burbujas de vapor. En
uno y otro caso puede emplearse una segunda etapa de defor-
mación para aplastar parcialmente las superficies superio -
res de los resaltos o lomos hacia dentro y, así, reducir -
25 el área de sección transversal de las aberturas. Esta segun-
da etapa de deformación puede efectuarse, por ejemplo, me-
diante rodadura de un órgano liso y de sección recta circu -
lar pasado por la superficie con una orientación de 90º res-
pecto al primer grupo de surcos y resaltos. Como se aprecia-
30 rá de modo evidente, si el órgano de rodadura o rodillo toma



contacto con la totalidad de los resaltos con la misma -
fuerza, se deprime la superficie superior de los resaltos
en su totalidad, y no habrá un segundo grupo de depresio -
nes netamente definidas. Si el rodillo toca sólo una parte
5 de las superficies superiores de los resaltos, esa parte -
formará el segundo grupo de depresiones, en contraste con -
las partes de resalto más altas, que no han sido aplastadas.

Hay otro método todavía, para formar el desea -
do contorno de cavidades reentrantes, y es el de moletear -
10 la pared metálica que contiene un primer grupo de surcos y
resaltos, haciéndolo de preferencia a 90° de orientación -
respecto a éstos. En las figs. 15 y 16 se ilustra la forma -
de ejecución de moleteado, con una rueda o moleta 11 dota -
da de dientes 12 separados por huecos 21, en por lo menos -
15 una parte de su circunferencia, y montada en el árbol 15.

Los primeros surcos 13, tal como quedan for -
mados en la pared 14, están separados por unos lomos o resal -
tos 22, y las aberturas 23 comunican con la superficie exte -
rior (véase la parte izquierda de la fig. 16). En la opera -
20 ción de moletear, la rueda 11 se coloca de manera que los -
dientes 12 inciden en la superficie superior 24 de unas par -
tes de los resaltos, aplastándolas y formando unas segundas -
filas de depresiones 25 a un nivel intermedio entre la base
de la cavidad de los primeros surcos 13 y la superficie su -
25 perior 24 de las partes de resalto no aplastadas.

La rueda 11 tiene sus dientes 12 de preferen -
cia alineados paralelamente al eje geométrico de la rueda o
moleta, de modo que al recorrer los resaltos 22, las filas -
de depresiones 25 resultantes quedan orientadas en ángulo -
30 recto con los surcos primeramente formados. Una vez que la -



moleta 11 ha terminado su recorrido por la superficie, de un lado al otro, puede hacerse avanzar en dirección al extremo opuesto de la pieza de labor, para deformar las partes superiores de la serie sucesiva de resaltos.

5 Como se desprende de la descripción que antecede y de las figs. 15 y 16, las partes 26 de los resaltos 22 que caigan debajo de los huecos o valles 21 entre los dientes 12 no son apreciablemente deformadas por la operación de moletear ni, por tanto, estrechan apreciablemente las partes
10 contiguas de los surcos.

Las ventajas de funcionamiento o comportamiento de esta capa de superficie de ebullición, en comparación con las superficies lisas, quedan puestas también de manifiesto en las gráficas de las figuras 17 y 18
15 para el caso de superficies rayadas en una sola dirección, para nitrógeno líquido (fig. 17) y para hervir agua (fig. 18), para una amplia gama de densidades de surcos, que va de 11 a 90 surcos por centímetro. Estos fluidos particulares se han seleccionado como representativos de los caracterizados por su poca tensión superficial (nitrógeno
20 líquido) y por su gran tensión superficial (agua), y que abarcan un amplio intervalo de temperaturas de ebullición, entre -196°C y $+100^{\circ}\text{C}$.

Las capas de superficie de ebullición se
25 hicieron todas de chapa de aluminio y utilizando herramientas de rayar semejantes a las representadas en las figs. 9 y 10, siendo todos los parámetros idénticos excepto la separación entre surcos. La profundidad de los surcos era nominalmente de 0,2 mm; es decir, la herramienta de rayar y la pared estaban situadas una respecto a la
30



otra de modo que se abrieran surcos de esta profundidad. El ángulo de abertura del filo o boca de la herramienta de rayar era de 30°, y la herramienta de rayar estaba inclinada respecto a la perpendicular formando un ángulo de +10°. El número de surcos por centímetro era nominal, por cuanto el conjunto de rayar se ajustaba para cortar o abrir el número de surcos designado. Es éste el mismo criterio utilizado para designar la densidad de surcos, en toda esta Memoria descriptiva y sus reivindicaciones. Las superficies de aluminio rayadas en una sola dirección, utilizadas en los ensayos de ebullición de nitrógeno líquido y agua resumidos en las figs. 17 y 18 eran como sigue:

5

10

15

TABLA III

<u>Superficie nº.</u>	<u>SURCOS POR CM.</u>
1	11
2	18
3	28
4	40
5	55
6	90
7	lisa

20

25

La figura 17 pone de manifiesto que incluso con las densidades de surcos relativamente bajas de las superficies nums. 1 y 2 se obtuvo una mejora muy apreciable en relación con una superficie lisa (curva 7 de trazo interrumpido). Por ejemplo, si en un sistema dado se necesita un flujo de calor de 13500 kcal/m²/h. este nivel

30



14

5 puede lograrse con una diferencia de temperaturas (ΔT)
 de aproximadamente $3,3^{\circ}\text{C}$, en tanto que la superficie li-
 sa exige una ΔT de alrededor de $7,5^{\circ}\text{C}$. La mejora es
 aún mayor con flujos térmicos más altos, debido princi-
 10 palmente a las acentuadas pendientes de las capas de su-
 perficie de ebullición, en contraste con la menor pen-
 diente de la superficie lisa (superficie nº 7). Es de no-
 tar que aún cuando la máxima densidad de surcos (super-
 ficie nº. 6) da los valores de ΔT más bajos para un
 15 flujo térmico dado, la pendiente de esta superficie es
 apreciablemente menor que para las densidades de surcos
 más bajas (superficies núms. 1 a 5). Con flujos térmicos
 relativamente altos, estas curvas ponen de manifiesto que
 la superficie nº. 6 es sólo marginalmente superior a las
 20 superficies nº. 4 y nº. 5, y esta última se preferiría
 para hervir nitrógeno líquido, debido a su menor coste
 de fabricación y mayor duración.

La fig. 18 pone de relieve una muy aprecia-
 ble mejora para las superficies de aluminio rayadas en
 25 una sola dirección, en la ebullición de agua. Por ejem-
 plo, para un flujo térmico de $2700 \text{ kcal/m}^2\text{.h}$, la super-
 ficie lisa (curva 7 de trazo interrumpido) necesita una
 ΔT de aproximadamente $8,3^{\circ}\text{C}$, en tanto que los valores
 de ΔT para las superficies núms. 1, 4 y 6 son respectiva-
 mente como sigue: $3,2^{\circ}\text{C}$, $2,3^{\circ}\text{C}$ y 1°C).

Las figs. 17 y 18 (además de las figs. 7 y
 30 8) indican que la capa de superficie de ebullición da un
 funcionamiento sobresaliente para hervir líquidos de cual-
 quier tensión superficial, sea relativamente alta o ba-
 ja.



La fig. 19 ilustra el funcionamiento y comportamiento de diez superficies de rayado cruzado diferentes, que tienen de 18 a 89 surcos por centímetro, en comparación con una superficie lisa (curva 11 de trazo interrumpido), para hervir nitrógeno líquido a -196°C .

5 Las superficies se hicieron de seis metales distintos, como sigue: cobre (curva 1); una aleación de poco cobre y mucho níquel con 3% total de Fe, Mn y elementos trazas (curvas 2 y 3); níquel (curva 4); 70% Cu, 30% Ni (curva

10 5); 90% Cu - 10% Ni (curva 6) y aluminio (curvas 8, 9 y 10). Las superficies se rayaron todas utilizando herramientas muy semejantes a las indicadas en las figs. 9 y 10, y los surcos del segundo grupo se abrieron a 90° de orientación respecto a los del primer grupo de surcos y resaltos. Los parámetros utilizados en la preparación de

15 estas superficies de las curvas 1 a 10 por el método de la presente invención se resumen en la tabla IV siguiente:

TABLA IV



Curva nº.	Material	Surcos por cm	Profundidad de los surcos de primera formación (mm.)	Profundidad de los surcos de segunda formación (mm).	Angulo de abertura del útil de rayar. (°)
5	1 Cobre	24	0,58	0,20	30°
	2 30% Cu ^x , 67% Ni	33	0,20	0,15	-
	3 30% Cu ^x , 67% Ni	79	0,28	0,20	-
10	4 Níquel	55	0,20	0,20	-
	5 70% Cu, 30% Ni	40	0,20	0,10 ^{xxx}	-
	6 90% Cu, 10% Ni	55	0,20	0,10 ^{xxx}	-
15	7 Aluminio	18	0,20	0,20	30°
	8 Aluminio	40	0,20	0,20	30°
	9 Aluminio	47	0,20	0,10	45°
20	10 Aluminio	89	0,20	0,20	30°

^x El 3% restante consta de Fe, Mn y elementos trazas.

^{xxx} Angulo de inclinación del útil de rayar, 410° para todas las superficies, excepto lo indicado.

^{xxxx} Angulo de inclinación del útil de rayar, 0°.

25 El examen de la fig. 19 revela que, en general, las superficies de mayor densidad de surcos funcionaron con más eficacia (compárense, por ejemplo, las curvas 5, 6 y las curvas 7, 8). A esta misma conclusión se lleva con las superficies de rayado en una sola dirección de la fig. 18, lo que se atribuye también a la relativa -

30



mente poca tensión superficial del nitrógeno líquido. -
Otra conclusión que se saca de la fig. 19 es la de que es
posible lograr una notable mejora en el rendimiento de -
transmisión de calor de ebullición utilizando virtualmen-
5 te cualquier tipo de metal, con la superficie de esta in-
vención. Es decir, todas las superficies correspondien-
tes a las curvas 1 a 10 inclusive pusieron de manifiesto
una efectividad mucho mayor que la superficies lisas.

Según se ha puesto de relieve, las capas de
10 superficie de ebullición del presente invento dan unos -
coeficientes de transmisión de calor notablemente altos -
en el caso de la salmuera de agua de mar, en las condi-
ciones de formación de incrustaciones de salmuera. Es -
más, según se vió, al establecerse unas condiciones de -
15 formación de incrustaciones tales que las capas de super-
ficie de ebullición se ensuciaron y el coeficiente bajó,
se restableció por completo el comportamiento primitivo
en cuanto a transmisión de calor de la superficie, añadién-
dole HCl de 0,5% al agua del mar. Este ácido clorhídrico -
20 disolvió la incrustación que había en la capa surcada o -
rayada.

Más en particular, la superficie de cobre con
rayado cruzado de la fig. 4, identificada en la tabla IV
25 como superficie 1 y dotada de 24 surcos por centímetro, -
se utilizó en un sistema de circulación continua para her-
vir tres soluciones simuladas de agua de mar diferentes -
con un flujo de calor constante de 13500 kcal/m².h. La -
alcalinidad era de alrededor de 100 ppm, y el factor de -
30 concentración de 2,5 a 3,0. Se define el factor de concen-



tración como relación o cociente de la salinidad de la so -
lución a la del agua de mar normal. Se seleccionó la primera
solución de un contenido de incrustación de CaCO_3 suficien-
te para la precipitación, siendo su pH de aproximadamente -
5 6,5 unidades de pH por encima del pH de saturación de 6,9.
En estas condiciones, el coeficiente de ebullición empeoró,
bajando de unas 14580 kcal/m².h. °C a alrededor de 2430 kcal/
m².h.°C. La adición del HCl de 0,5% hizo que la incrusta -
ción de CaCO_3 se disolviera con desprendimiento de CO_2 , y
10 el coeficiente volvió a ser de unas 14580 kcal/m².h.°C. -
Basándose en la cantidad de HCl añadida, se estimó que el -
depósito de CaCO_3 sobre la capa de superficie de ebullición
surcada ascendía a un valor comprendido entre 540 y 1080 -
g/m² al ocurrir el ensuciamiento completo.

15 A continuación, se aumentó el factor de con-
centración a 3,0, estando por encima de la saturación enton-
ces tanto el CaSO_4 como el $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$. El pH de la carga de
alimentación se redujo en este ensayo para impedir que pre-
cipitaran los demás formantes de incrustación. Las caracte-
20 rísticas de transmisión de calor de la capa de superficie de
ebullición dotada de surcos volvieron a empeorar, bajando -
a un coeficiente aproximado de 3645 kcal/m².h.°C, que acu -
saba la formación de incrustaciones. Se volvió a añadir áci-
do clorhídrico de la misma concentración que antes, pero no
25 se desprendió dióxido de carbono en este caso, lo que indi-
caba la ausencia de CaCO_3 . El coeficiente de ebullición vol-
vió a subir a unas 14580 kcal/m².h.°C, indicando que las -
incrustaciones de CaSO_4 pueden quitarse lavando con ácido.
El sistema se hizo funcionar a continuación durante varios
30 días, en condiciones en las que todos los compuestos prin -



14 JUN 1969

5 principales formantes de incrustaciones (CaCO_3 , CaSO_4 y $\text{Mg}(\text{OH})_2$) estaban por bajo de sus límites de solubilidad al punto de ebullición. El coeficiente de ebullición permaneció constante a unas 14580 kcal/m².h.°C, indicando que las incrustaciones no habían producido menoscabo permanente de la capa de superficie dotada de surcos. Este coeficiente es unas 10 veces mayor de lo que puede lograrse con una superficie metálica lisa equivalente, en las mismas condiciones de trabajo.

10 N O T A

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 siguientes:

15 1.- Un dispositivo de pared metálica térmicamente conductora para transferir calor a un líquido hirviente en contacto con una superficie de dicha pared, comprendiendo dicha pared, por el lado que ha de ponerse en contacto con dicho líquido en ebullición, una pluralidad de
20 surcos sustancialmente paralelos separados por lomos, cada uno de los cuales comprende partes laterales que entran en un surco adyacente, formando las partes laterales de los lomos cavidades subsuperficiales que comunican con el exterior a través de aberturas estrechadas que son me
25 nos anchas que dichas cavidades, caracterizado porque los surcos están presentes con una densidad de más de 8



surcos por centímetro.

2.- El dispositivo de la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dichos resaltos o lomos están constituidos enteramente por metal desplazado de dichos surcos.

5

3.- El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que dichos surcos están espaciados o repartidos a una densidad no menor de 31 surcos por centímetro.

10

4.- El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 inclusive, caracterizado por el hecho de que el metal deformado de dichos resaltos o lomos se extiende transversalmente a los mismos, predominantemente en una sola dirección.

15

5.- El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 inclusive, caracterizado por el hecho de que la parte superior de dichos resaltos está subdividida por medio de surcos o de presiones transversos, estando el metal deformado de dichos resaltos situado junto a por lo menos los surcos transversos, de modo que las cavidades subsuperficiales definidas por dicho metal deformado están interconectadas por los surcos a lo largo de las partes no deformadas de dichos resaltos.

20

6.- El dispositivo de la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que los surcos transversos que subdividen dichos resaltos tienen esencialmente la misma profundidad que los surcos comprendidos entre dichos resaltos.

25

7.- El dispositivo de la reivindicación 5 o la 6, en el que dicha pared está compuesta de aluminio, al

30

14 JUN



5 menos por el lado en contacto con el líquido en ebullición, caracterizado por el hecho de que los surcos que van a lo largo de dichos resaltes y los surcos o depresiones transversos están espaciados o repartidos a una densidad de 55 a 79 surcos por centímetro.

10 8.- El dispositivo de la reivindicación 5 o la 6, caracterizado por el hecho de que los surcos que van a lo largo de dichos resaltes y los surcos o depresiones transversos están espaciados o repartidos a una densidad de 8 a 48 surcos por centímetro.

9.- Un dispositivo de pared metálica térmicamente conductora para transferir calor a un líquido hirviente.

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

Esta Memoria consta de treinta y ocho hojas, escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 14 JUN 1969

P. A.

Alberto de Eizaburu
Por Poder.

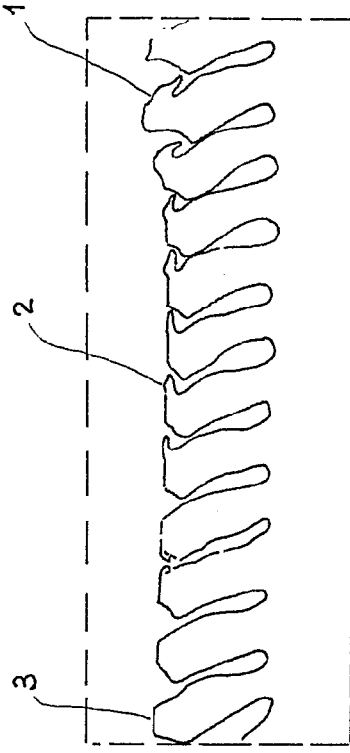


Fig:1



Fig:2

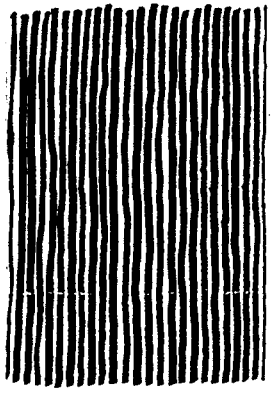


Fig:3

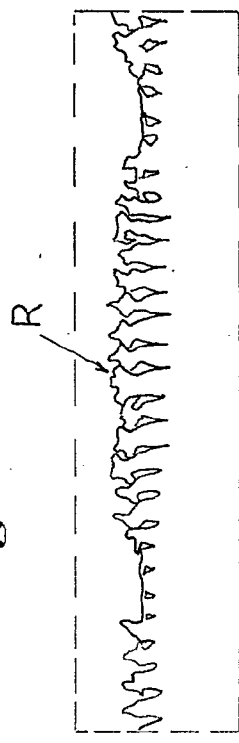


Fig:4

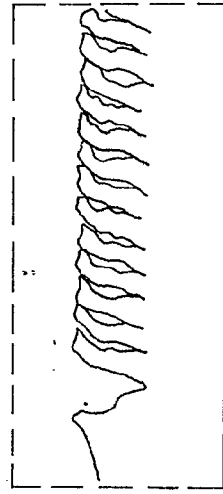


Fig:5

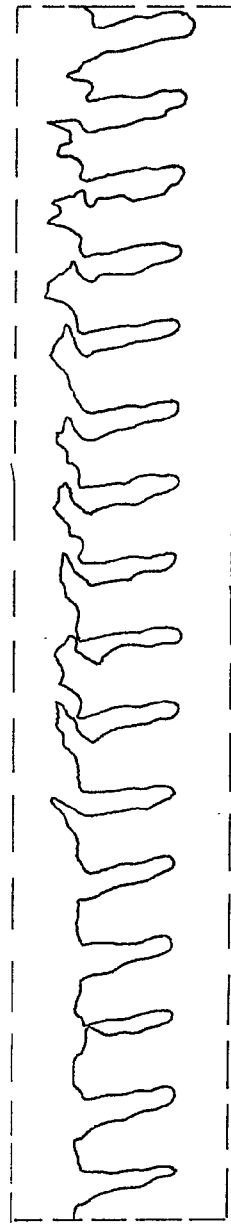


Fig:6

Altura de Escala

ESCALA VARIABLE

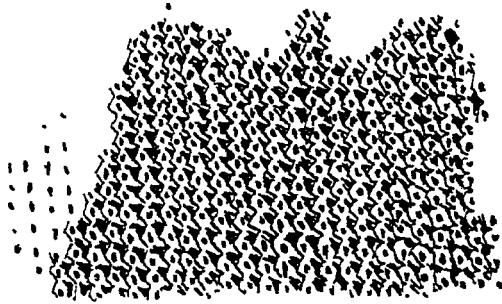


Fig. 1

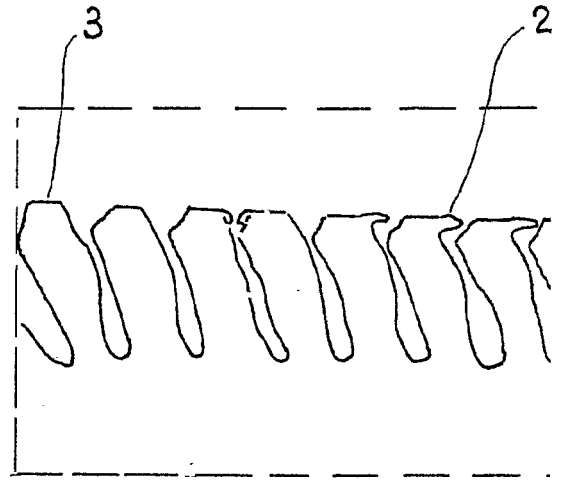


Fig. 2

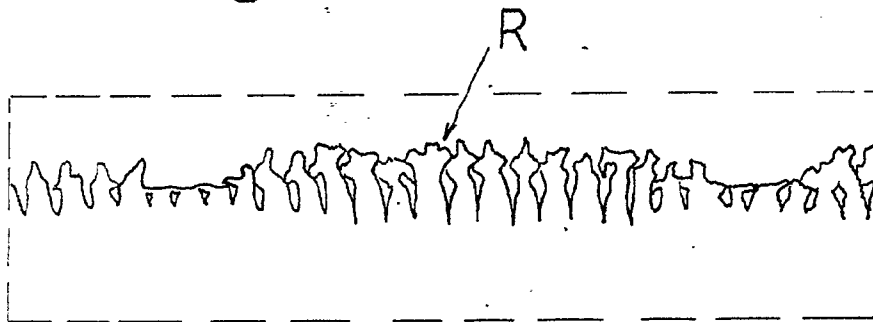


Fig. 3

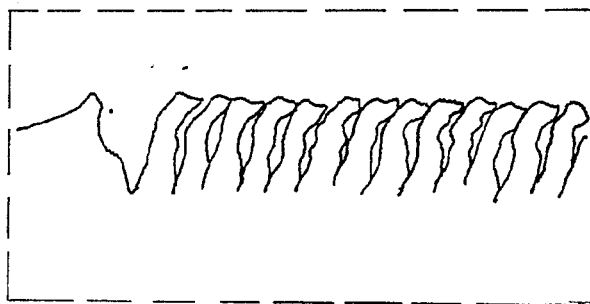
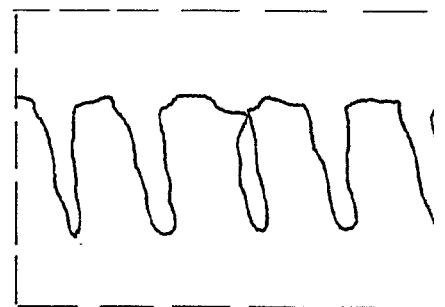


Fig. 6





7

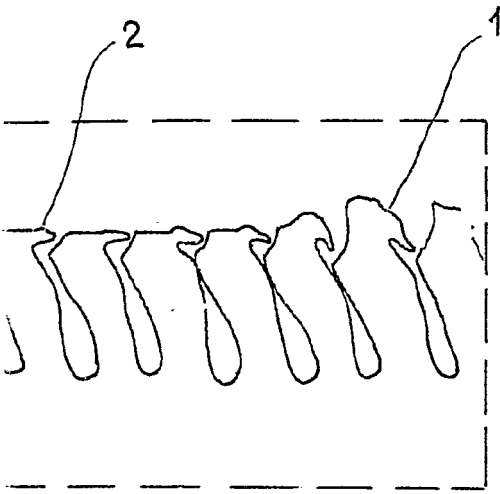


Fig: 2

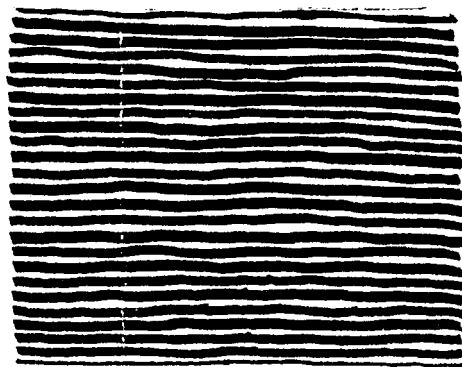


Fig: 5

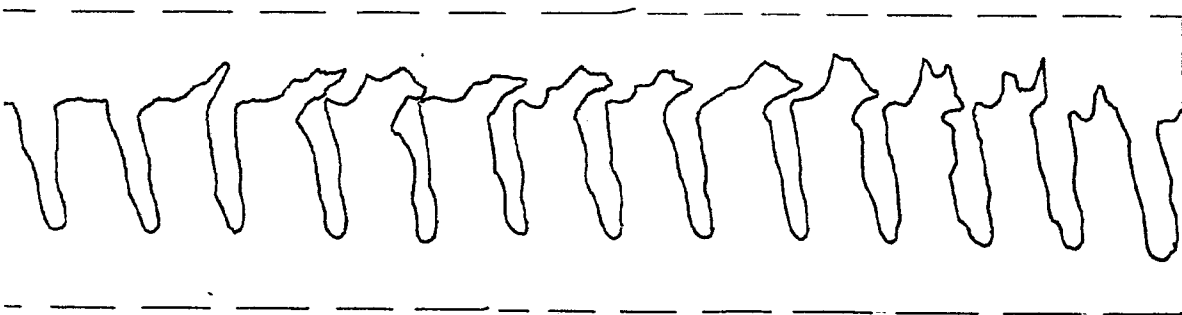


Fig: 4

Alberto de...
E. de...



Fig: 7

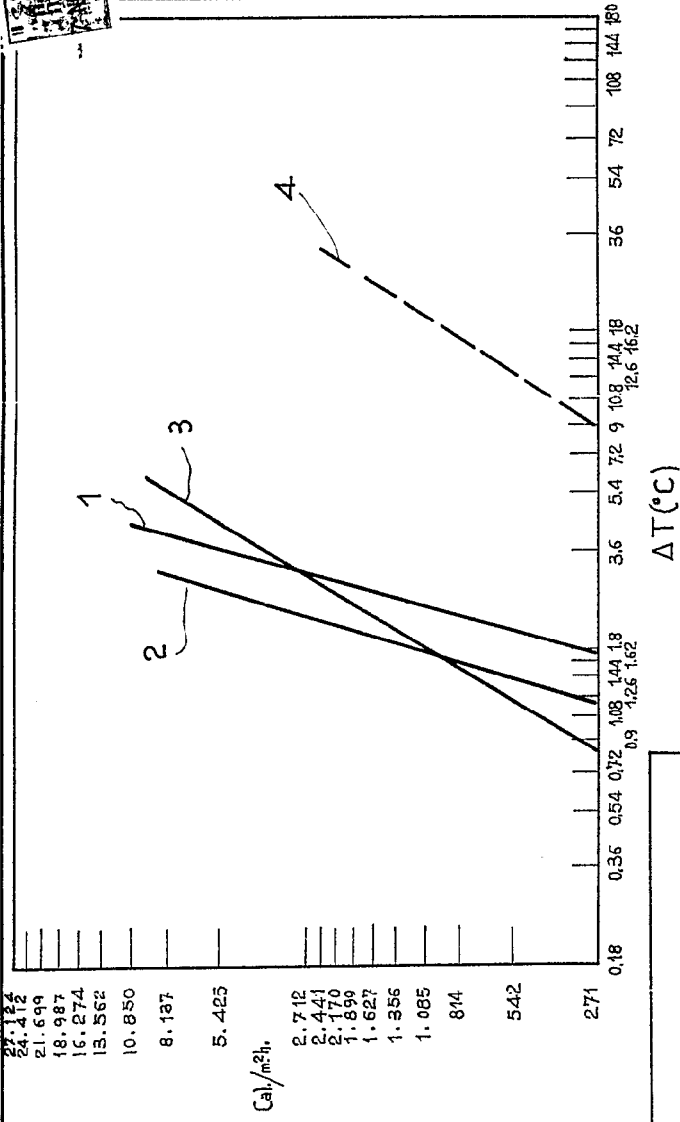
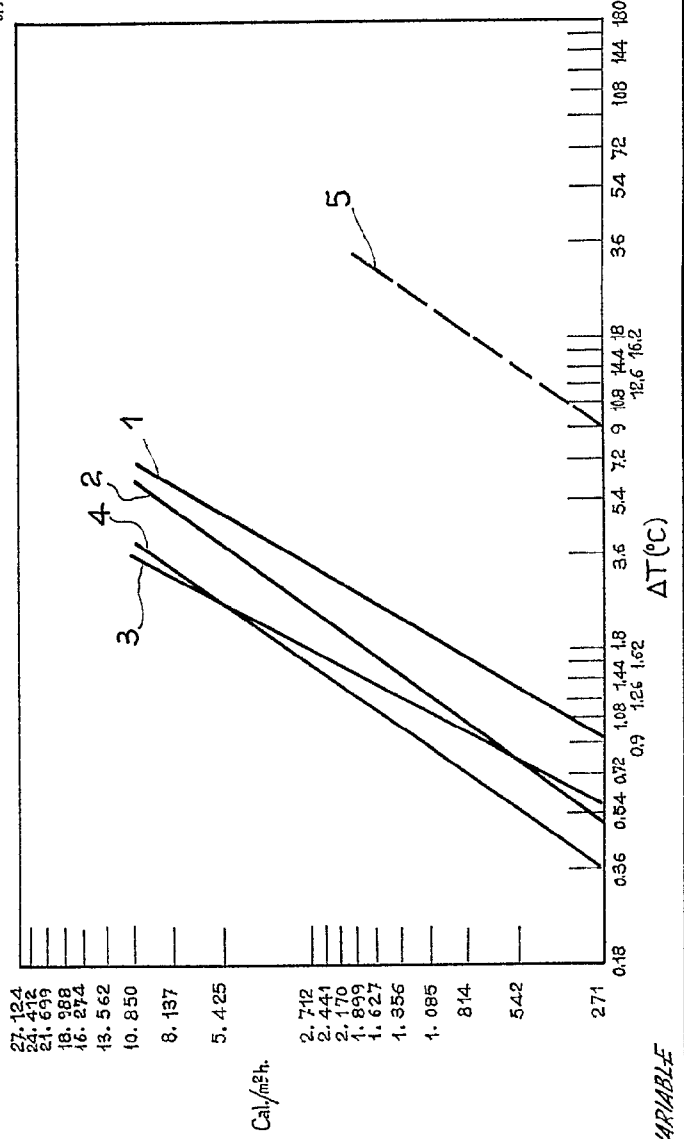


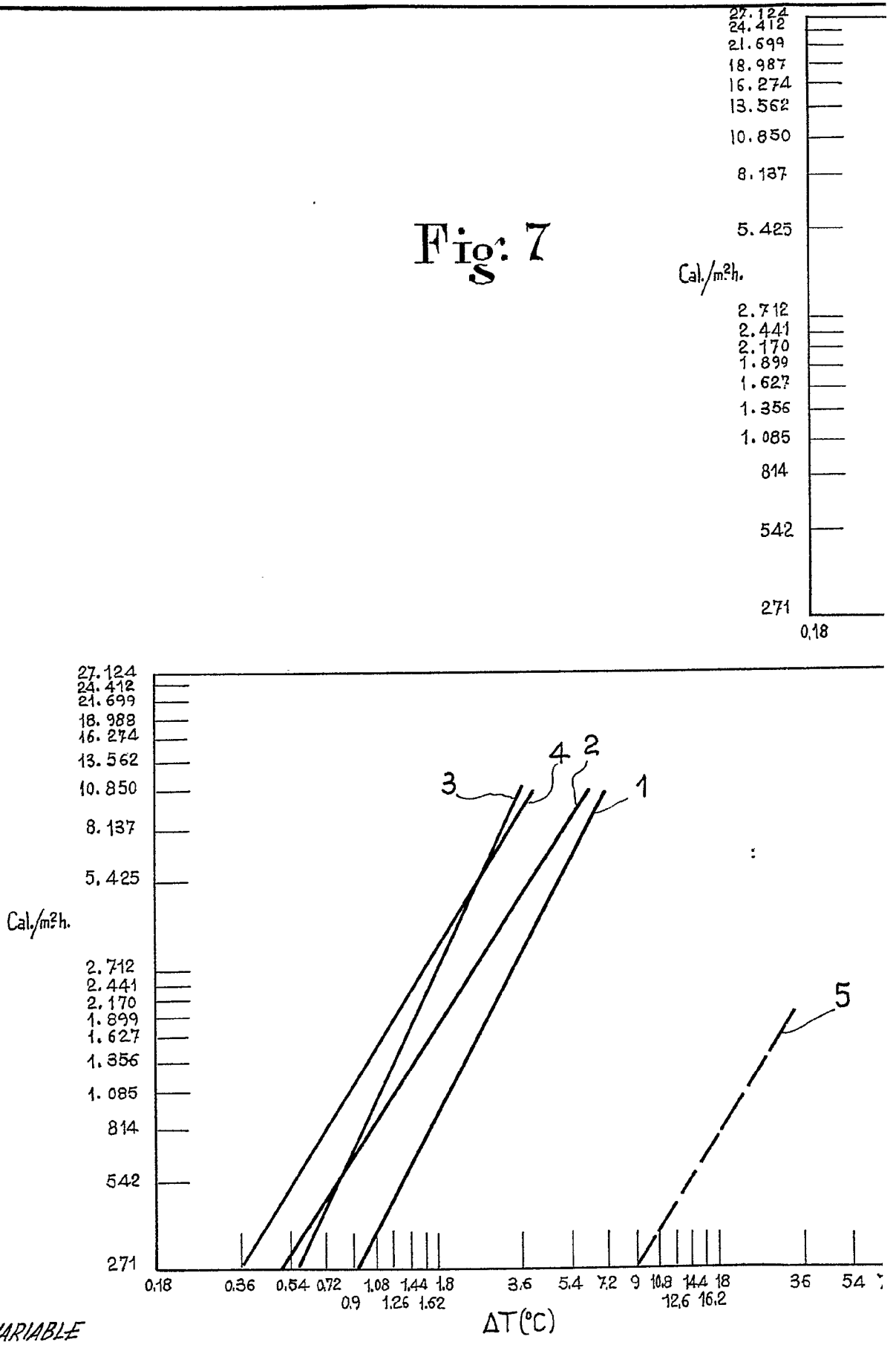
Fig: 8



ESCALA VARIABLE

Handwritten signature or initials in the top right corner.

Fig. 7



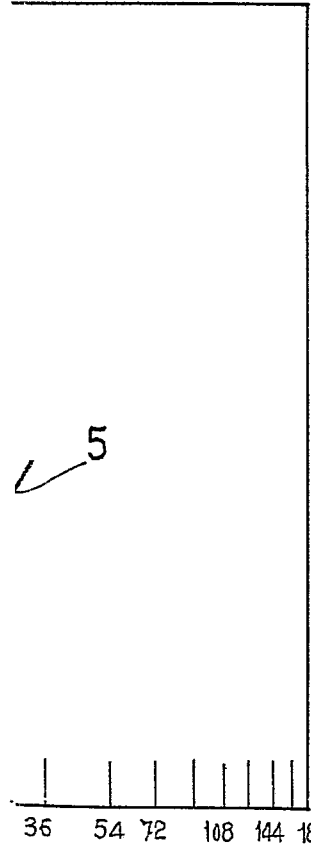
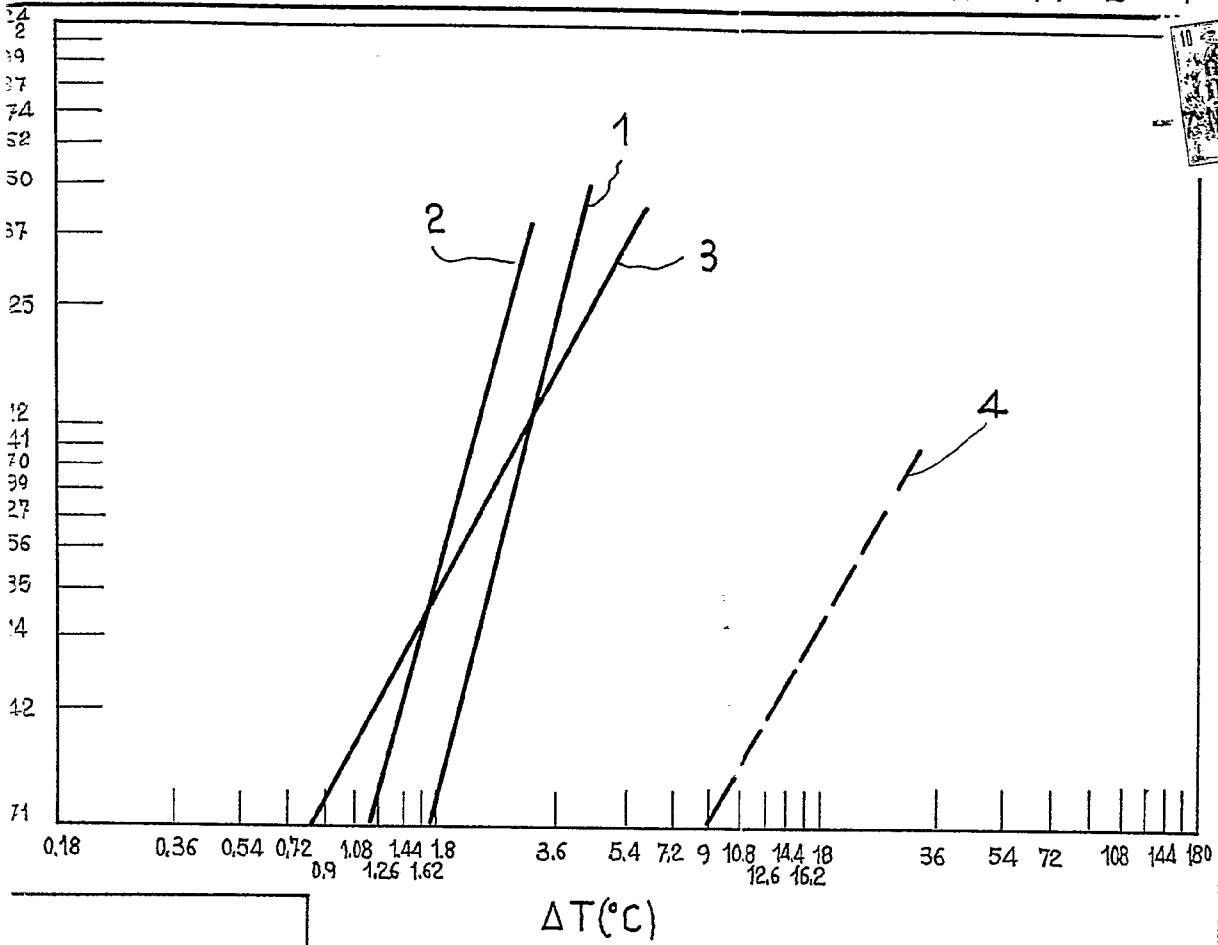


Fig: 8

[Handwritten signature]

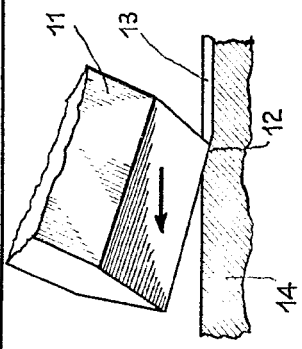


Fig: 9

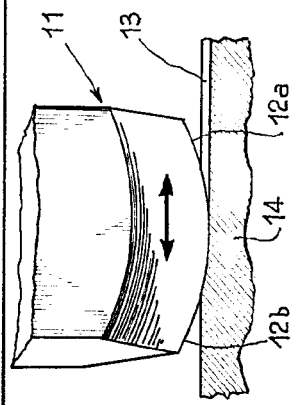


Fig: 10

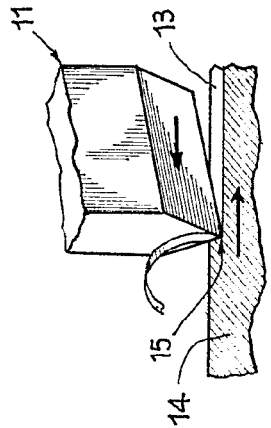


Fig: 13

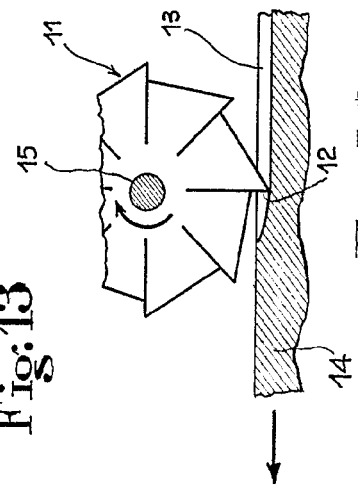


Fig: 14

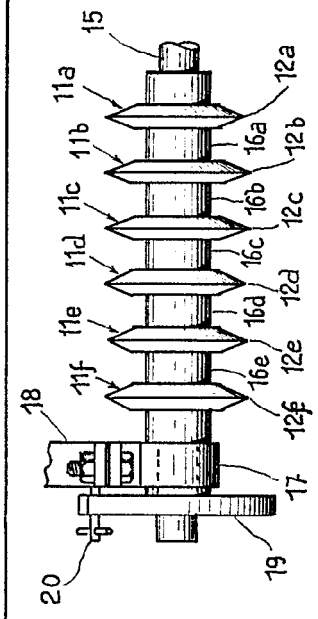


Fig: 11

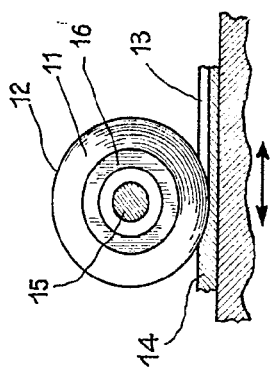


Fig: 12

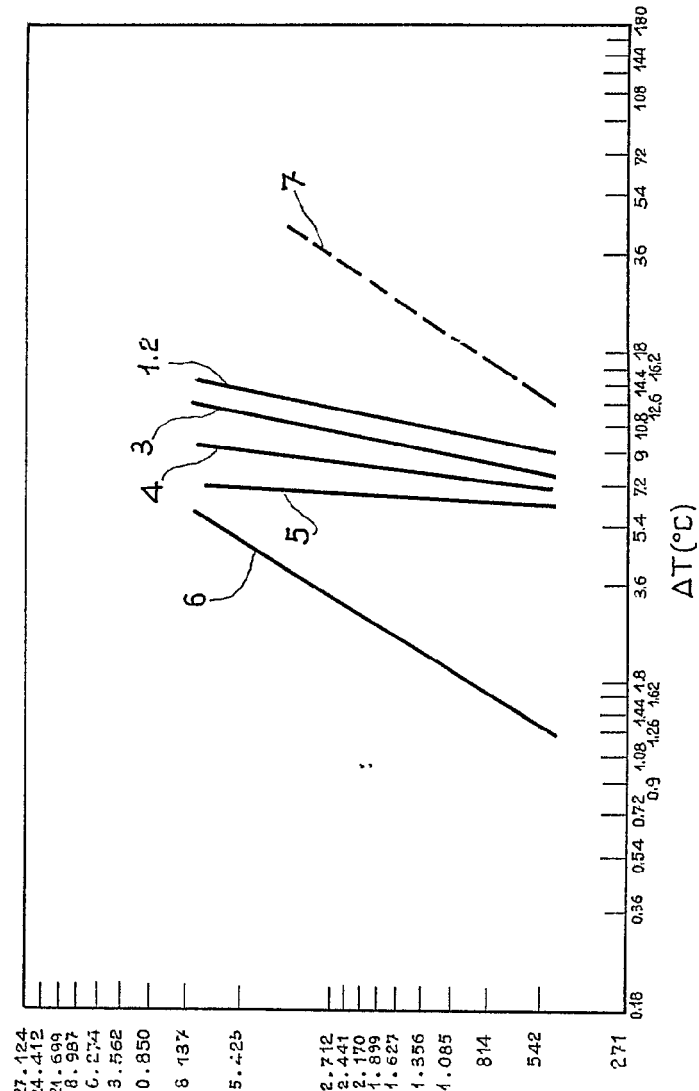


Fig: 17

ESCALA VARIABLE

Handwritten signature

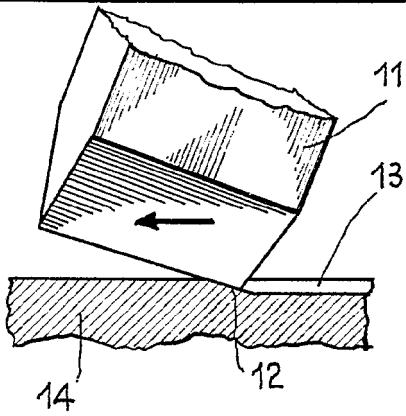


Fig. 9

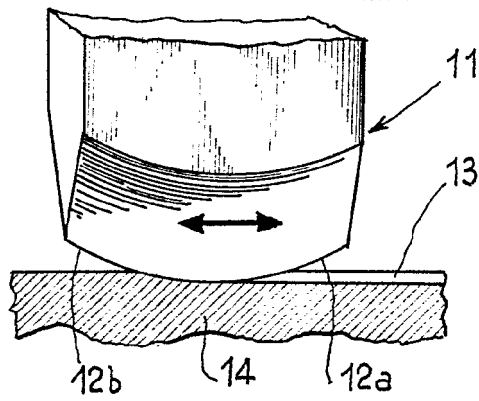


Fig. 10

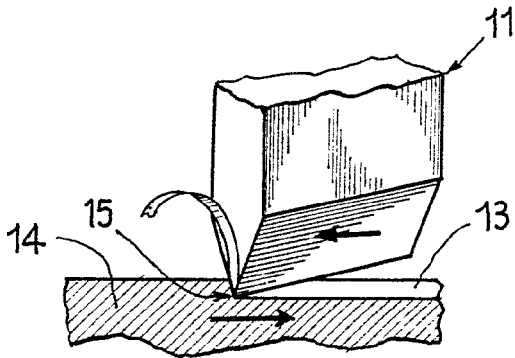
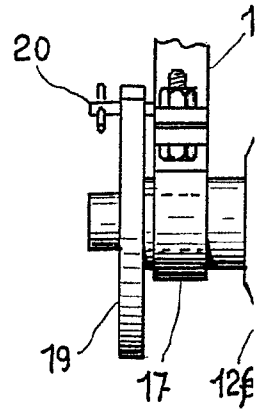


Fig. 13

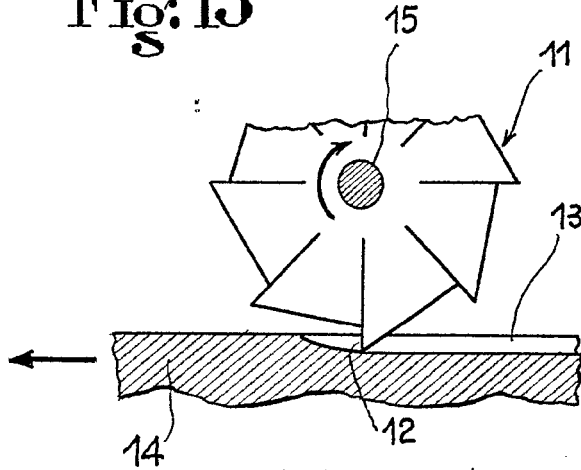
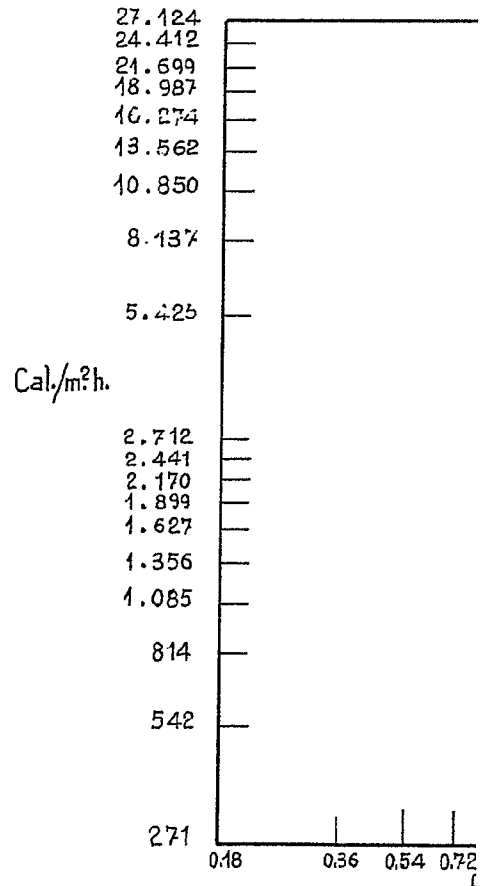


Fig. 14



ESCALA VARIABLE

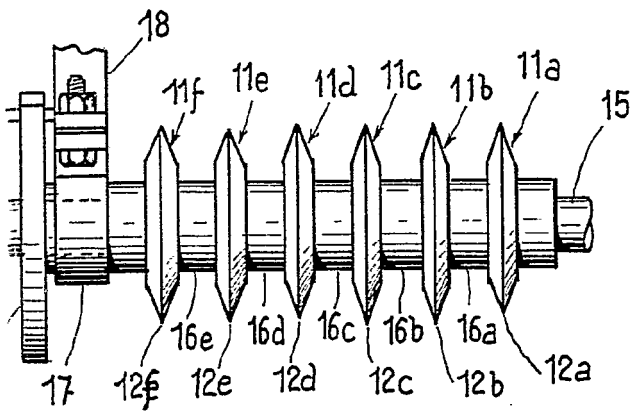


Fig:11

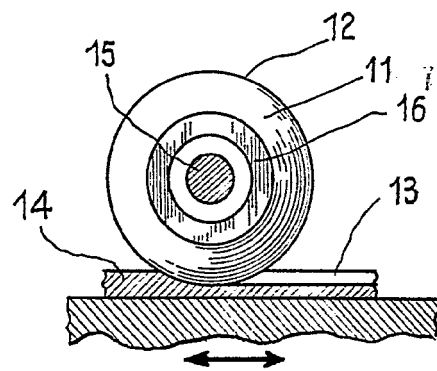


Fig:12

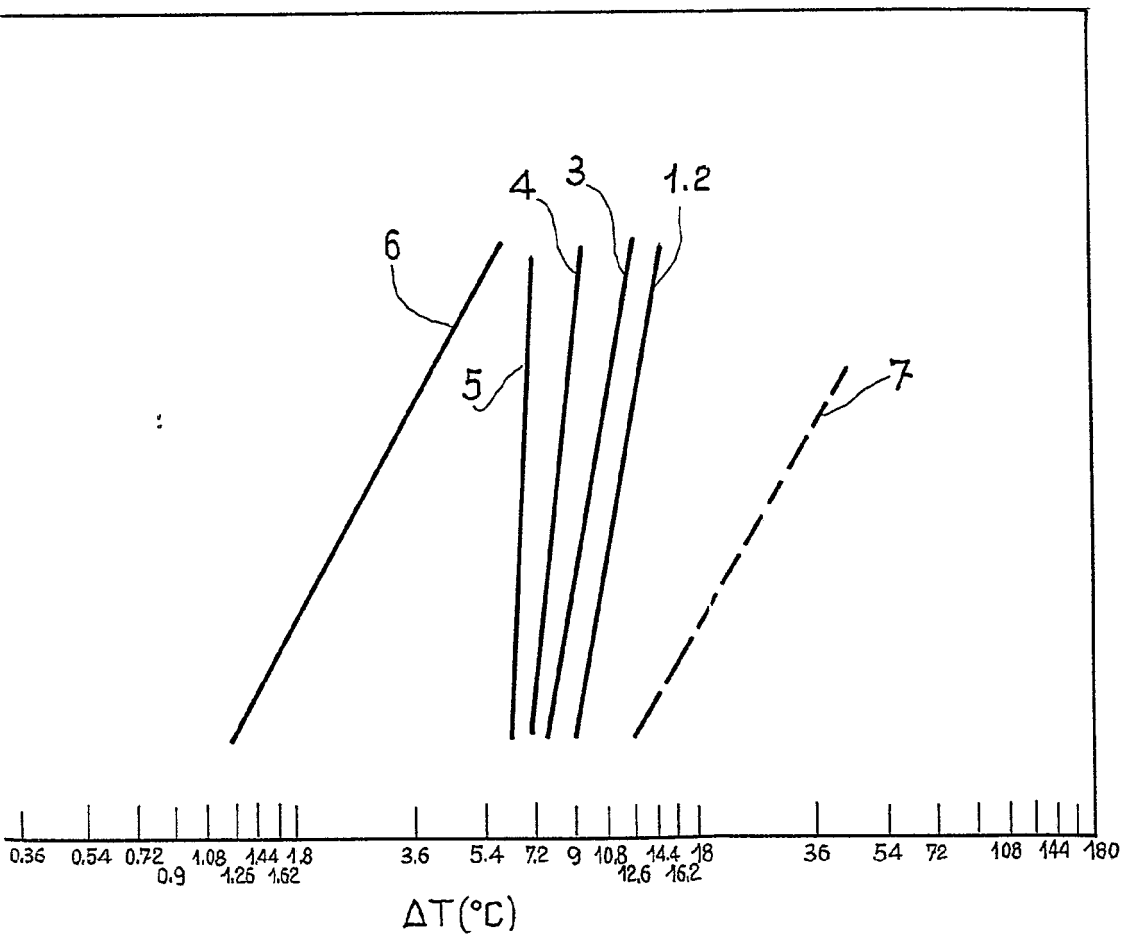


Fig:17

Handwritten signature or mark

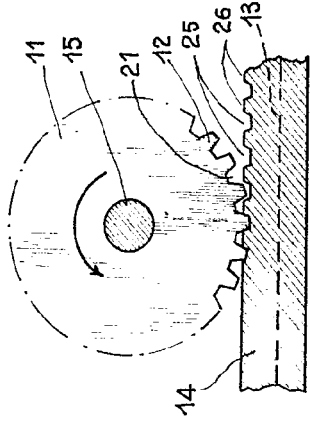


Fig:15

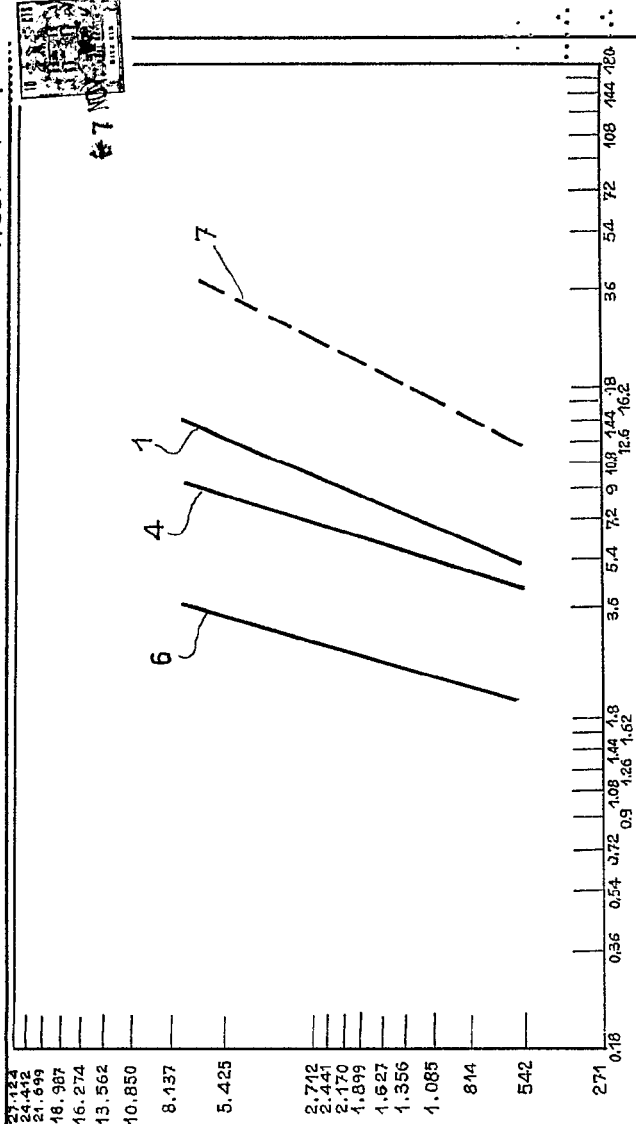


Fig:18

Cal/m²h.

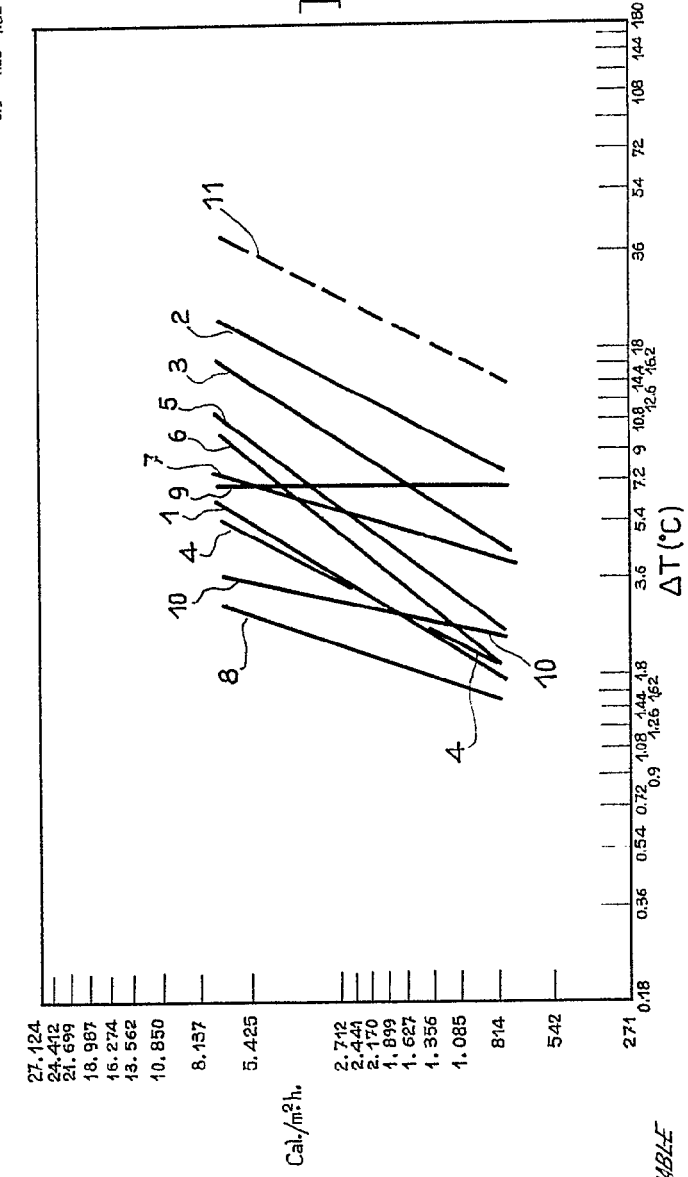


Fig:19

Cal/m²h.

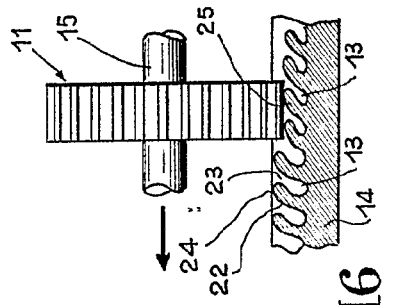


Fig:16

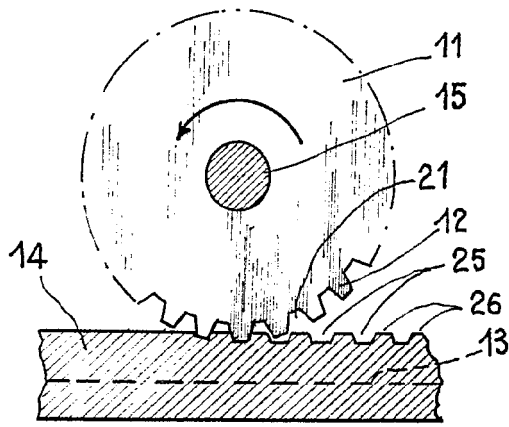
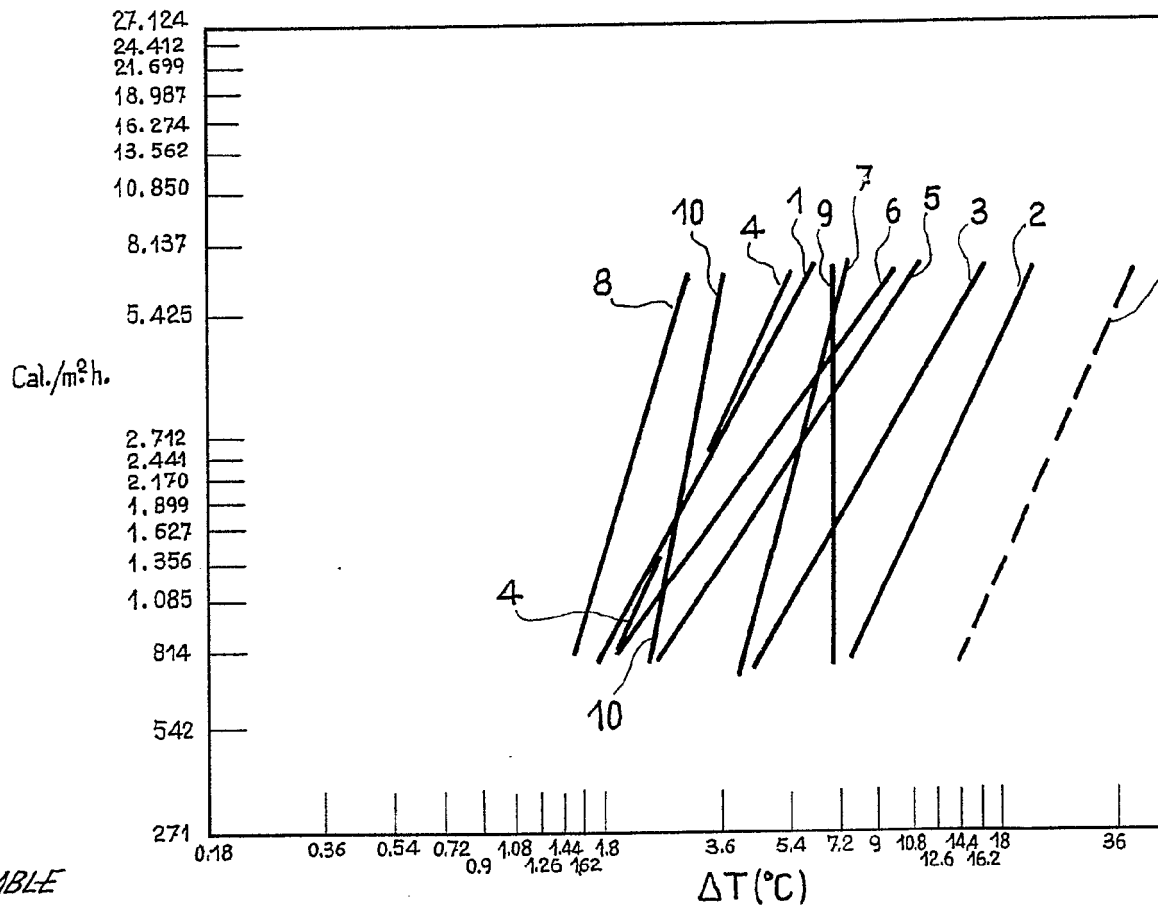
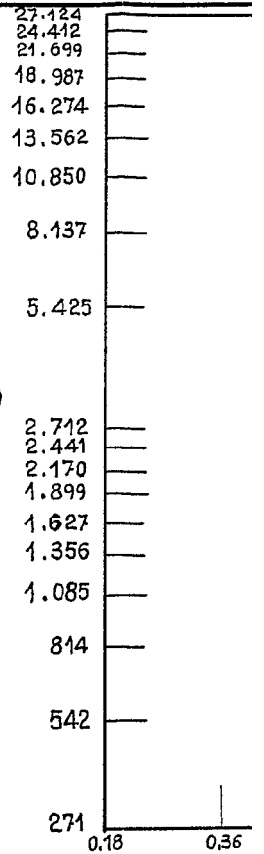


Fig: 15

Fig: 18
Cal./m²h.



ESCALA VARIABLE

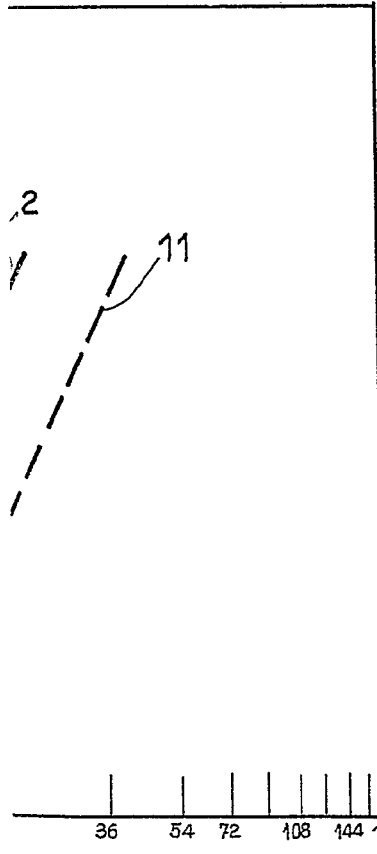
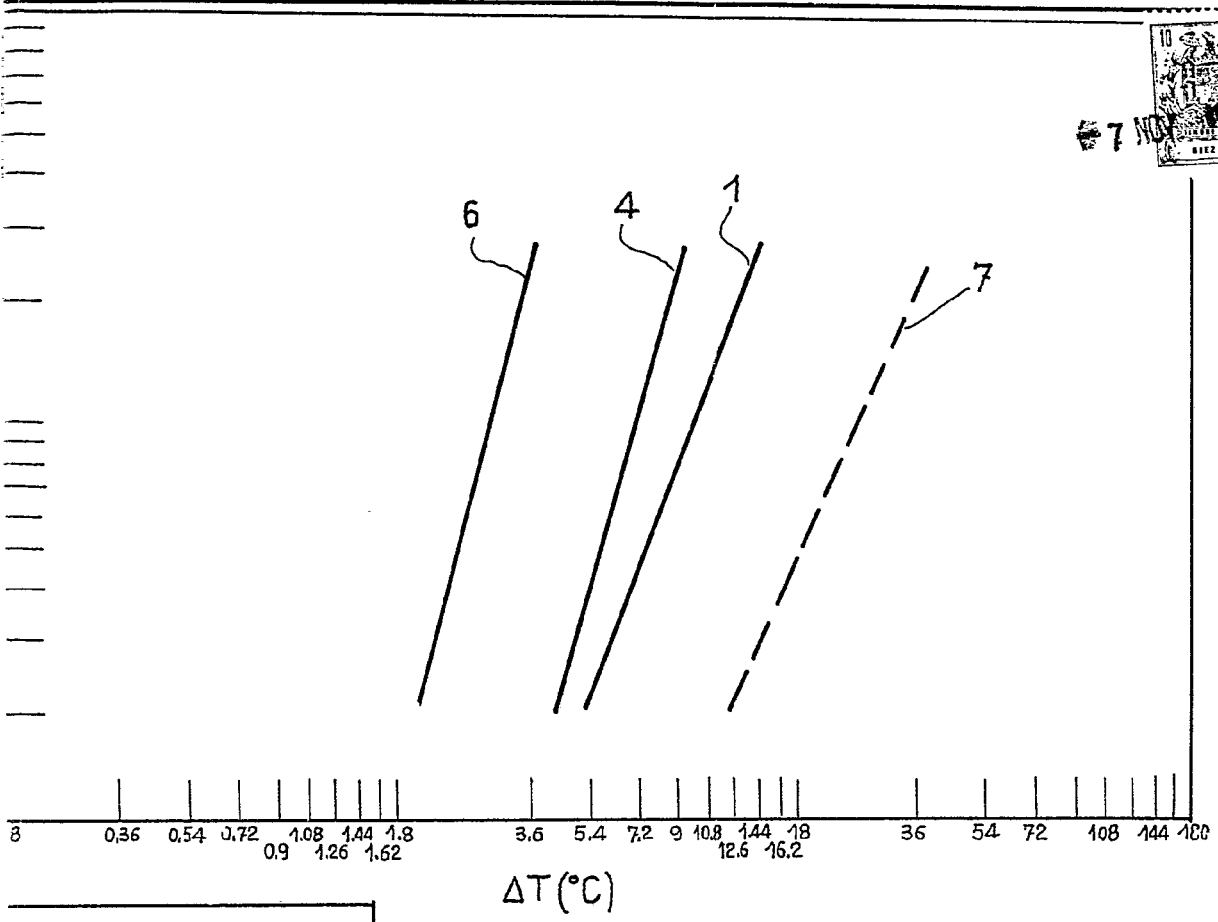
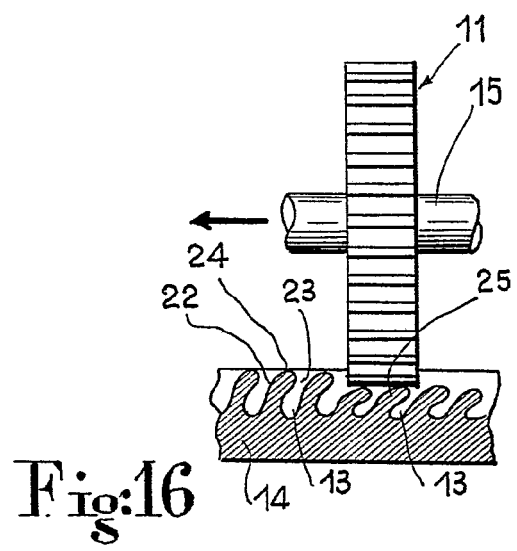


Fig:19



Handwritten signature or initials.