

11 Nov. 1975
700532-60.178
L-8782-SP-1
(Method)

Int. Cl.: F28D // F01P

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad norteamericana

con domicilio en 270 Park Avenue, Nueva York, N.Y. 10017,
Estados Unidos de América.

por: "UN METODO DE CONSTRUIR MATRICES PARA USO EN LA FABRICA
CION DE ELEMENTOS DE INTERCAMBIO DE CALOR ISOTENSOS"
(Clase Internacional F28d)

La presente invención se refiere a un método de construir matrices para uso en la fabricación de elementos acanalados de intercambio o transmisión de calor, de chapa metálica delgada o de plástico, que tienen en una parte de su superficie unos contornos de isotensiones (isotensos), con unos salientes unidireccionales de apoyo de pared dispuestos de manera esencialmente uniforme.

Desde hace mucho tiempo se viene haciendo sentir en la industria la necesidad de disponer de elementos de intercambio de calor ligeros y poco costosos, para diversas aplicaciones de transmisión de calor. La industria del automóvil está constantemente a la búsqueda de un radiador compacto y de poco peso, para uso en la refrigeración del motor de combustión interna. Se han diseñado diversos tipos y modelos de radiadores, tales como los de tubos redondos con aletas individuales, los de tubos de aire de forma hexagonal con pasajes de agua entre los tubos, y los de pasajes de agua planos y ondulados, con pasajes de aire entre ellos. Los motores de los automóviles anteriores al año 1942 estaban diseñados para suministrar entre 50 y 125 caballos de fuerza, y requerían unos radiadores para funcionar a presiones próximas a la atmosférica. Por lo tanto, bastaba con un sencillo radiador hecho a base de aletas de cobre y soldado con estaño para refrigerar el motor, de baja potencia, del automóvil, sin gran peligro de sobrecalentamiento. Du-

rante este período anterior a 1942 se han diseñado diferentes radiadores de cobre con salientes superficiales de forma de copa o troncoónicos, pero el de cobre con aletas de 5
mostró ser más adecuado y tuvo más éxito para las aplicaciones al automóvil.

Ahora bien, en la era posterior a 1945, la industria del automóvil se embarcó en el proyecto de motores de mayores potencias nominales tratando, simultáneamente, de hacerlos lo más compactos (del mínimo volumen específico de ocupación) posible. Este doble enfoque de proyecto, 10
en unión del empleo de lubricantes perfeccionados, dió por resultado un motor de combustión interna capaz de funcionar a elevadas temperaturas admisibles. Para satisfacer los requisitos de transmisión de calor de tan compactos motores de gran potencia nominal y evitar la pérdida de refrigerante, los radiadores de tubos y aletas de cobre se diseñaron para funcionar a presión, para así aumentar la temperatura de ebullición del refrigerante. Ahora bien, en los últimos 15
años se añadieron al automóvil nuevos equipos accionados por fuerza motriz, tales como los acondicionadores de aire y similares, aumentándose con ello todavía más las demandas de fuerza del motor de combustión interna y, por consiguiente, de capacidad de trabajo del sistema de eliminación del calor. Esto ha hecho necesario proyectar los radiadores de 20
hoy en día de modo que funcionen a presiones hasta de 1 at 25

mósfera manométrica, para impedir el recalentamiento y las pérdidas de refrigerante. Se prevé que la temperatura de trabajo del motor de automóvil llegue a niveles aún mayores en un futuro próximo, haciendo así necesario un sistema de transmisión de calor capaz de funcionar con los refrigerantes existentes en condiciones de presión todavía más alta. El radiador de tipo usual, de cobre con aletas, no funcionará satisfactoriamente en un ambiente de mayor temperatura, debido a las características de bajas tensiones mecánicas inherentes a la soldadura blanda, o de aleación de estaño, a elevadas temperaturas, siendo dicha soldadura el medio de fijación entre los tubos y aletas del radiador. Además, el constante aumento del precio del cobre está trayendo como consecuencia que el cobre se convierta en un material nada deseable, desde un punto de vista económico, para aplicarlo a radiadores.

Como solución alternativa a la de los radiadores de cobre con aletas de tipo usual, para aplicaciones de transmisión de calor en el automóvil, está la de sustituir las aletas de cobre soldadas con estaño por aletas de aluminio. Aun cuando el aluminio es menos costoso que el cobre, la unión por fusión de aletas de aluminio a los tubos de un radiador usual, por métodos de soldeo a mayores temperaturas (soldadura fuerte) resulta costosa. Además, si se usa un fundente corrosivo, los depósitos dejados por el baño

de sales del procedimiento de soldeo a mayor temperatura deben eliminarse con meticulosidad. Otros métodos y técnicas alternativos de soldeo con soldadura fuerte, como el de soldeo al vacío, se hallan aún en la etapa experimental y, una vez perfeccionados, su coste probablemente absorberá con creces las economías obtenidas de otro modo con el uso del aluminio, en lugar del cobre, para fabricar radiadores de automóvil. Se han adelantado otras propuestas, tales como la de emplear una unión con adhesivo entre las aletas y los tubos de un radiador. Sin embargo, la poca conductividad térmica de los adhesivos de hoy en día hace que este enfoque resulte ineficaz para las aplicaciones a los radiadores.

En las aplicaciones de intercambio de calor que requieran paredes sometidas a presiones como superficie primaria de intercambio de calor, la presente invención permite fabricar dichas paredes a base de un material térmicamente conductor más delgado de lo que en la actualidad es necesario para los transmisores de calor primarios de tipo usual. Para utilizar materiales de chapa o lámina relativamente delgados, las paredes de los transmisores de calor primarios de tipo usual han de ser reforzadas por medio de numerosos miembros de apoyo o sustentación, para así reducir esfuerzos o tensiones en las paredes. Ahora bien, las paredes reforzadas no son normalmente prác

ticas, por las siguientes razones:

a) se siguen produciendo elevadas concentraciones de esfuerzos en la pared, en el punto de fijación de los refuerzos;

5 b) se requiere una cantidad apreciable de material en los refuerzos, y tales refuerzos en los cambiadores de calor contribuyen sólo indirectamente, si es que lo hacen de algún modo, a la transmisión de calor; y

10 c) los numerosos refuerzos son costosos y laboriosos de instalar, particularmente en los transmisores o intercambiadores de calor en los cuales la separación entre paredes es muy pequeña y a menudo inaccesible.

La presente invención supera los inconvenientes indicados, disponiendo para ello una superficie de intercambio de calor con contorno isotenso o de isotensiones tal que, sometida a una presión diferencial de un lado a otro de su pared, se obtenga como resultado en la pared una distribución esencialmente uniforme de esfuerzos o tensiones en las fibras. Esta distribución uniforme de tensiones elimina esencialmente los puntos de concentración de tensiones en la pared de un elemento de intercambio de calor, permitiendo de ese modo que el elemento se fabrique a base de chapas o láminas bastante delgadas de un material térmicamente conductor.

25 Otro enfoque de la eliminación de paredes refor-

zadas en intercambiadores de calor por superficie primaria es el que se revela en la solicitud de patente afín nº 407.585, presentada simultáneamente y que se refiere a unos salientes troncocónicos dimensionalmente dispuestos según tamaño y repartidos en unas paredes térmicamente conductivas.

La presente invención tiende a un elemento acanalado de intercambio de calor por superficie primaria, de uso general, que tiene en por lo menos una parte de su superficie unos contornos isotensos con unos salientes unidireccionales de apoyo o sustentación de pared, dispuestos de manera esencialmente uniforme. El elemento de intercambio de calor es económico de fabricar y, empleado en unidades yuxtapuestas o apiladas, resulta admirablemente adecuado como transmisor o intercambiador de calor para uso con motores de combustión interna.

El intercambiador de calor por superficie primaria de esta invención comprende fundamentalmente por lo menos un elemento de canal formado y limitado por al menos un material de pared delgada, metálico o plástico térmicamente conductor, teniendo dicho elemento de canal una abertura de entrada, una abertura de salida y multitud de contornos isotensos en una parte de su superficie de pared, con unos salientes unidireccionales de apoyo o sustentación de pared dispuestos de manera esencialmente uniforme y hechos saliendo de la pared

en una relación dimensional que se estudiará más adelante. Los salientes de apoyo de pared están dispuestos de modo que casen o concuerden llegando a tope con unos salientes de apoyo de pared correspondientes de una pared isotensa semejante contigua. Dos por lo menos de tales canales, ali-
5 neados en relación de yuxtaposición, constituirán un intercambiador de calor dotado de un primer grupo o juego de pasajes definidos y delimitados por las paredes conductivas de cada canal, y de un segundo grupo o juego de pasajes
10 definidos por, y dispuestos entre, los canales yuxtapuestos, de modo que a través de uno de los juegos de pasajes pueda hacerse pasar un primer medio, en tanto que por el otro juego de pasajes pueda hacerse pasar un segundo medio enfriador, efectuándose con ello un intercambio de calor
15 entre los medios sin que los medios se entremezclen.

Con la denominación de intercambiador de calor por superficie primaria se hace referencia a los transmisores o intercambiadores de calor en los cuales esencialmente todo el material que conduce calor entre dos medios
20 comprende o constituye las paredes que separan los dos medios. Por contraste, los intercambiadores de calor por su superficie secundaria contienen una importante cantidad de material en forma de aletas que no separan los medios, siendo por el contrario un solo medio el que toma contacto con
25 ellas en virtualmente todas las superficies. Además, en las

aplicaciones de intercambio de calor en las cuales existe una diferencia de presión entre los dos medios del sistema, esencialmente la totalidad del material del intercambiador de calor está sometido a esfuerzos o tensiones neu
5 máticamente. Dicho de otra manera, al hablar de un intercambiador de calor por superficies primarias se hace referencia a un intercambiador de calor que consta principall
mente de placas o láminas y que no tiene miembros internos adicionales o independientes, tales como aletas, de modo
10 que el intercambiador está hecho de placas o láminas cada uno de cuyos lados o caras se halla en contacto con un fluii
do diferente, y la transmisión de calor se hace directa y esencialmente entre las placas y el fluido.

Una superficie isotensa es una superficie contin
15 nuamente curva dotada de multitud de contornos isotensos, o de isotensiones, en los que cada contorno tiene multitud de radios sin teóricamente segmento llano alguno, y se asem
meja al contorno curvo de una membrana en "pompa de jabón", exenta de esfuerzos cortantes. La falta de segmentos de su
20 perficie llanos o aguzados elimina esencialmente los puntos de concentración de esfuerzos o tensiones, presentes en las superficies onduladas o dotadas de concavidades, de tipo usual, cuando tales superficies se hallan sometidas a diferencias de presión de una a otra de sus áreas superfil
25 ciales. Así, se obtiene una carga esencialmente de tracción

pura o de compresión pura, mediante el uso del elemento aca-
nalado de pared delgada, con contornos isotensos, de la pre-
sente invención. Cuando una pared de espesor finito y sujeta
a presiones se halla sometida a cargas de tracción pura o de
5 compresión pura, se obtiene como resultado la distribución
esencialmente uniforme de esfuerzos o tensiones en las fi-
bras en toda el área de la sección recta de la pared para-
lela a su superficie. Para yuxtaponer o hacer llegar a to-
pe dos o más paredes de contornos isotensos, una con otra,
10 se disponen unos salientes unidireccionales de sustentación
o apoyo de pared, en una relación espacial o de separación
previamente alineada en la superficie de cada elemento, de
modo que, al yuxtaponerse las paredes, las extremidades ex-
teriores de los salientes de apoyo de pared, a los que en
15 lo sucesivo se denominará aquí "botones", se estén tocando
mutuamente. Con referencia a un par cualquiera de paredes
contiguas sometidas a presión, en el cual los botones de am-
bas paredes sobresalen hacia dentro, entrando en el espacio
o hueco de separación entre las paredes, se equilibrarán
20 esencialmente las fuerzas debidas a la presión, sea exte-
rior, sea interior, de la pareja; esto es, el contacto ase-
gurado entre los botones sostendrá a tracción o a compresión
la fuerza entera debida a la presión, y no será necesario
ningún otro miembro estructural para absorber la carga. Así,
25 la fuerza de la presión será contrarrestada por una fuerza

limitativa desarrollada entre las dos paredes, sin necesidad de estructura exterior alguna.

5 Con referencia a un par cualquiera de paredes contiguas resistentes a la presión, en el que los botones de ambas paredes sobresalgan hacia fuera desde el hueco o espacio de separación entre las paredes, la presión, sea exterior, sea interior, de la pareja no estará equilibrada, y se necesitará en cada cara expuesta de la pareja un miembro exterior a ésta que absorba la carga, mediante contacto de sustentación con los botones sea a tracción, sea 10 a compresión. Así, pues, entre las dos paredes que formen la pareja no se desarrollará la fuerza limitativa que equilibre la fuerza de la presión. En una serie, pila o disposición regular de paredes, el miembro exterior de la pareja puede ser asimismo otra pared de contornos isotensos, 15 con botones que concuerden con los de la superficie yuxtapuesta de la pareja.

20 Con referencia a una serie, pila o formación regular cualquiera de paredes resistentes a la presión, de contornos isotensos, en la cual los botones de las dos paredes más exteriores de la formación sobresalgan hacia dentro en dirección a la serie o formación, las fuerzas debidas a la presión quedarán sensiblemente equilibradas en toda la formación, y no se necesitará ningún otro miembro 25 estructural para absorber la carga de presión y contener

las paredes evitando que se deformen o desvían hacia fuera de la formación.

5 Con referencia a cualquier serie, pila o formación regular de paredes de contornos isotensos, resistentes a las presiones, en la que los botones de las dos paredes más exteriores de la formación sobresalgan hacia fuera desde la pila, las fuerzas debidas a la presión no estarán equilibradas dentro de la pila o formación, y se necesitará un miembro estructural yuxtapuesto en contacto de sustentación con los botones de cada pared más exterior, para absorber la carga de presión y sujetar la pila o formación.

10 Como el canal de contornos isotensos está diseñado como canal de intercambio de calor por superficies primarias, el material de su pared no necesita ser muy conductor del calor y, por tanto, puede elegirse de entre por lo menos uno de los grupos que constan de metales, aleaciones metálicas, revestimientos metálicos, plásticos (tales como el Mylar), metales recubiertos de plástico y similares. El criterio de selección del material para el canal isotenso de intercambio térmico es el de que sea sólo lo bastante conductor térmicamente para que, al hacerse pasar un medio caliente por el canal, el calor del medio sea conducido por la pared del canal a un medio enfriador exterior y contiguo al canal, que pueda absorber el calor, 20 efectuándose así con éxito una transmisión de calor entre 25

los medios sin que dichos medios se entremezclen. Son adecuados para esta aplicación los materiales tales como el aluminio, el cobre, el acero, el latón, el titanio y el Mylar.

5 La expresión de "salientes de apoyo de pared dispuestos de manera esencialmente uniforme" debe entenderse con la amplitud suficiente para que incluya un diseño de distribución de salientes de apoyo de pared cuya distancia de separación mutua varíe progresivamente a lo largo de por lo menos uno de los ejes geométricos del elemento de intercambio de calor. Además, como más adelante se declara, es posible disponer salientes adicionales de apoyo de pared a lo largo de la parte curva del canal que puedan tener una relación de separación o espaciamiento distinta de la de los salientes de apoyo de pared que ocupen la parte central del elemento de intercambio de calor.

15 Las dimensiones de los botones salientes de apoyo de pared, y la relación dimensional entre los mismos, en la superficie de contornos isotensos, son en cierto modo restrictivas según el ambiente de uso final del canal de intercambio de calor. El diseño de distribución de los botones salientes de apoyo de pared puede disponerse en forma de cuadrado, rombo, triángulo u otra configuración cualquiera de diseño, que depende en cierto modo de la forma real y efectiva del canal y de la presión diferencial pre-

vista, a la cual se someta la pared del canal en el ambiente a que se le destine. Para reducir al mínimo la resistencia a la circulación y llevar al máximo la efectividad de la transmisión de calor de un área cualquiera definida de paso o circulación de un canal de intercambio de calor, los botones de sustentación o apoyo de pared, de una forma seleccionada, han de proyectarse y disponerse sólo en tamaño, número y diseño tales que den la limitación o restricción necesaria para resistir la máxima diferencia de presiones (presión diferencial) para la cual se haya proyectado el canal en el ambiente a que se le destine. Una vez determinados el tamaño y el diseño deseados de los botones salientes de apoyo de pared, es posible dar las características de superficie de contornos isotensos, necesaria para la máxima transmisión de calor en el ambiente a presión de uso final a que se le destine, a la superficie de una lámina de material térmicamente conductor de pared delgada, en unión de los contornos de botones salientes de apoyo de pared, por medio de una técnica cualquiera tal como las de prensado, estampación, laminado o embutición, o similar.

Una lámina térmicamente conductiva de contornos isotensos y con salientes de botón de apoyo de pared, así preparada, puede plegarse longitudinalmente sobre sí misma de modo que los botones salientes se enfrenten, sea hacia dentro, sea hacia fuera, y los segmentos de lámina ple

gada estén separados lo bastante para definir entre ellos un pasaje. Cuando los botones sobresalgan hacia dentro del pasaje, han de concordar o casar y, tomar contacto con los botones que se extiendan hacia dentro salvando el pasaje desde la pared opuesta. La anchura del pasaje así formado queda, pues, definida por las alturas de proyección o saliente de los botones de apoyo de pared. Como puede aparecer una concentración de esfuerzos en el área de doblado de la lámina, en el ambiente de funcionamiento a que se le destine, puede haber unos salientes adicionales de apoyo de pared dispuestos en las proximidades de dichas áreas para así igualar o compensar los esfuerzos por toda la estructura de canal. Los bordes longitudinalmente concordantes de la lámina pueden luego cerrarse herméticamente por medio de técnicas usuales como, por ejemplo, las de soldadura blanda, soldadura fuerte, soldadura autógena o con una unión de trabazón mecánica rellena de adhesivo, para hacerla estanca. Este canal de perfiles isotensos, con botones salientes unidireccionales de apoyo de pared, queda así dispuesto para su empleo como elemento de intercambio de calor. Cuando se forme un canal isotenso con botones que sobresalgan hacia dentro y destinado a contener una presión interna, las superficies que tengan botones en contacto dentro de los pasajes han de unirse entonces entre sí por métodos usuales, como los de soldadura blanda, soldadura fuerte o con un adhesivo. Una formación re

**POOR
QUALITY**

gular de canales así formada, con los botones salientes de apoyo de pared tocándose, puede luego ensamblarse adecuadamente hasta obtenerse un eficaz intercambiador de calor compacto, por superficies primarias. Cuando los botones salientes de apoyo de pared estén dispuestos hacia fuera, los canales pueden entonces estar superpuestos en la relación de contacto entre botones, en la cual las alturas de los botones salientes definen el tamaño del pasaje entre canales adyacentes. Cuando los botones salientes de apoyo de pared estén dispuestos hacia dentro, los canales tendrán entonces que estar separados entre sí por unos medios adicionales que definen un pasaje entre canales adyacentes. Podría entonces hacerse pasar por los canales un medio a presión, tal como agua caliente, en tanto que se podría hacer pasar un medio refrigerante, tal como aire frío, por entre y en contacto con la superficie exterior de los canales, efectuándose de ese modo una transmisión de calor entre ambos medios. La lámina de botones salientes de apoyo de pared y contornos isotensos podría también fabricarse en forma de canal circular o en espiral, o bien de un canal de cualquier número de lados, mediante métodos apropiados de doblar y/o plegar. Los elementos acanalados de intercambio de calor así formados pueden recibir también un perfil de una configuración curvilínea cualquiera y superponerse luego unos sobre otros, dejando entre ellos unos pasajes definidos que formen un intercambiador de calor de geo

metría simple o compleja dotado de multitud de pasajes acanalados confinados y multitud de pasajes separados o independientes definidos por y entre las superficies exteriores de los elementos acanalados de intercambio de calor contiguos. Mediante el recurso de hacer pasar un medio por los pasajes acanalados y al propio tiempo dirigir un segundo medio refrigerante a través de los pasajes definidos por y entre las superficies exteriores de los elementos adyacentes, se obtiene un transmisor o intercambiador de calor por grandes superficies primarias, eficaz. En un modo operativo de intercambio de calor con flujos cruzados, el intercambiador de calor de esta invención dará una reducida área frontal y una reducida pérdida de carga de fluido exterior. El área frontal es el área de la proyección de la formación regular entera de canales de intercambio de calor sobre un plano normal a la dirección del paso o circulación de fluido por los pasajes acanalados (hechos en forma de canal). La reducida pérdida de carga de fluido exterior es la caída de presión o pérdida de carga estática a lo largo del trayecto de paso del medio refrigerante exterior.

Los medios pueden recorrer sus pasajes respectivos en una relación mutua de paralelismo, en una relación perpendicular o en una relación angular cualquiera entre ambos.

En los dibujos adjuntos:

- la figura 1 representa una superficie de contor

no isotenso;

- la figura 2 ilustra un aparato de moldeo en coquilla o a presión isotenso, (con reparto uniforme de tensiones);

5 - la figura 2A es una vista tomada por la línea 2A-2A de la figura 2;

- la figura 2B es una vista del aparato de la figura 2, funcionando bajo vacío;

10 - la figura 3 es una gráfica logarítmica de tensiones o esfuerzos en función de la altura de superficie o saliente de una superficie de contorno isotenso, en una chapa de aluminio de 0,10 mm. de espesor;

- la figura 3A es el perfil de una superficie de contorno isotenso;

15 - la figura 4 es una gráfica de presiones aplicadas en función de la desviación o deformación de la superficie, para varias superficies de contorno de aluminio;

- la figura 4A es el perfil de una superficie de conos truncados;

20 - la figura 5 es una vista isométrica de un radiador de automóvil en el que se emplean los elementos de intercambio de calor de la presente invención;

25 - la figura 5A es una vista de detalle de los bordes longitudinales de un elemento de intercambio de calor de la figura 5;

- la figura 5B es una vista lateral de detalle de los elementos 1 de la figura 5;

- la figura 5C es una forma alternativa o variante de ejecución de los elementos 1 de la figura 5;

5 - la figura 5D es una variante de ejecución de los bordes longitudinales de los elementos 1 de la figura 5;

- la figura 6 es una vista isométrica de una formación o disposición regular de canales isotensos, con botones salientes hacia fuera;

10 - la figura 6A es una vista en sección recta transversal de los canales de la figura 6, tomada por la línea 6A-6A;

- la figura 6B es una vista lateral en sección de los canales de la figura 6, tomada por la línea 6B-6B;

15 - la figura 7 es una vista isométrica de una formación regular de canales isotensos, con botones salientes hacia dentro; y

- la figura 7A es una vista lateral en sección de los canales de la figura 7, tomada por la línea 7A-7A.

20 En la figura 1 se representa un segmento de superficie A de contorno isotenso, que se asemeja al contorno o perfil de una membrana en "pompa de jabón", exenta de esfuerzos cortantes. Al perfil de membrana en "pompa de jabón" se llegó con bastante exactitud utilizando para ello una película
25 delgada, flexible y elástica de un material semejante

al caucho. Se utilizaron unos miembros B para asegurar los bordes del segmento cuadrado A a un plano horizontal, definido como plano X-Y, en tanto que el área C, definida como área contenida dentro del cuadrado limitado por los soportes B, se sometía a una presión hidrostática para formar un contorno isotenso con una dimensión de altura H medida a lo largo del eje Z a partir del plano X-Y, en la intersección de coordenadas X=0, Y=0. La acción de someter una estructura delgada, do-
tada de un contorno isotenso como el representado en la figura 1, a una presión diferencial de un lado a otro de su área de pared C, dará como resultado el de comunicar a la pared unas fuerzas sensiblemente puras de tracción o de compresión, desprovistas de toda fuerza apreciable de flexión o de cizalladura; esto es, la tracción pura o la compresión pura. da
por resultado una distribución uniforme de esfuerzos de fibras en el área I de la sección recta de la pared A paralela a su área de superficie C, según lo indicado por medio de las flechas en la figura 1. Así, una membrana delgada que tenga un contorno isotenso puede resistir, sin deformación ni ruptura, una mayor presión diferencial que una membrana no isotensa de tamaño y espesor idénticos. Es posible fabricar una pared de contorno o perfil isotenso utilizando la ecuación siguiente, desarrollada para una membrana ideal en "pompa de jabón", exenta de esfuerzos cortantes. La ecuación relaciona la fuerza ΔP exteriormente aplicada y la resistencia in

terna σ con el contorno de la pompa o burbuja, expresado en función de dZ/dX y de dZ/dY , del modo siguiente:

$$(A) \frac{\Delta P}{\sigma} = \frac{\left[1 + \left(\frac{dZ}{dY} \right)^2 \right] \frac{d^2 Z}{dX^2} + 2 \frac{dZ}{dX} \frac{dZ}{dY} \frac{d^2 Z}{dXdY} + \left[1 + \left(\frac{dZ}{dX} \right)^2 \right] \frac{d^2 Z}{dY^2}}{\left[1 + \left(\frac{dZ}{dX} \right)^2 + \left(\frac{dZ}{dY} \right)^2 \right]^{3/2}}$$

y en ella:

ΔP = presión diferencial (diferencia de presiones) de un lado a otro de la pared de membrana de la superficie (por ejemplo, kg/cm^2);

σ = tensión superficial de la membrana en pompa de jabón exenta de esfuerzos cortantes (por ejemplo, kg/cm); y

dZ/dX y dZ/dY = las derivadas parciales de la función de superficie $Z(X, Y)$ respecto a las coordenadas X e Y .

La ecuación (A) precedente puede usarse para proyectar una pared de contornos isotensos suponiendo $\sigma = St$, siendo S el esfuerzo de fibras desarrollado en un material delgado, de un espesor t finito, sometido a una diferencia de presiones neumáticas ΔP de un lado al otro de la pared. La solución de la ecuación depende de que se definan las condiciones ya conocidas existentes a lo largo de los lími

tes de un segmento simétrico tipo del área curva contenida dentro del diseño repetitivo de soportes, eligiéndose este segmento simétrico tipo de tal modo que se conozcan sus condiciones de lindero o contorno. El segmento ha de ser todo lo pequeño que la simetría lo permita, a fin de simplificar el cálculo. Es de notar que la ecuación (A) es aplicable para cualquier diseño de soportes, con tal que el segmento simétrico tipo se elija de acuerdo con el diseño específico empleado, de tal modo que se conozcan las condiciones en los límites o linderos de dicho segmento simétrico. En general, la derivada parcial de la normal a cualquier borde de un segmento simétrico respecto a un eje perpendicular al plano que contiene los puntos de sustentación o apoyo es cero. Así, la pendiente en los bordes de lindero de un segmento simétrico, respecto al plano que contiene los apoyos, es cero, lo que indica que no hay componente vertical de fuerza.

Para un diseño cuadrado de distribución de apoyos B como el indicado en la figura 1, el más pequeño segmento simétrico tipo del área A es el triángulo J definido por los bordes E, F y G. El triángulo J es un segmento simétrico, porque el área A contiene ocho de estos triángulos idénticos. Así, conociendo las condiciones de lindero del más pequeño segmento repetible de un área, se simplificará la resolución de la ecuación (A). La punta del triángulo J cubierta por el apoyo B se excluye del segmento simétrico del área. A lo lar

go de los bordes E, F y G, la derivada parcial de $Z(X, Y)$ respecto a la normal a dichos bordes es cero; por ejemplo, $dZ/dN = 0$, siendo N cualquier línea paralela al plano de referencia X-Y y normal a los bordes E, F y G, respectivamente, del triángulo J.

5
Ahora bien, si se asignan valores a D, H y \underline{d} , para una aplicación específica, es posible obtener entonces un valor para $\Delta P/\sigma$. Recordando la suposición de que $\sigma = St$, el proyectista puede elegir valores para dos de los factores o parámetros ΔP , S y \underline{t} , y calcular el otro. Por ejemplo, una
10 pared cuadrada de aluminio, de contorno isotenso y de 0,23 mm de espesor, con una dimensión H de 0,76 mm en su centro, una dimensión D de 10 mm y un radio de dimensión de apoyo B de 1,5 mm, tenía según los cálculos una tensión en fibras S de 282 kg/cm² al estar sometida a una diferencia de presiones de 1,8 kg/cm².

15
Como alternativa, pueden asignarse valores a ΔP , S y \underline{t} y hallarse para H una solución en función de D. Esto permite al proyectista elegir entre numerosos juegos de valores de D y H que resulten adecuados a los requisitos de
20 gasto o caudal de paso de fluido y los de transmisión de calor.

Otro uso más de la ecuación es el de delimitar o
representar el contorno de la superficie. Supóngase que se
25 han establecido las condiciones de lindero y se han asigna

do valores a ΔP , S, t , D y H. La ecuación puede resolverse para una familia de valores de X, Y hasta obtener los valores correspondientes de Z. Esto da una lista de coordenadas en numerosos puntos de la superficie, las cuales pueden emplearse, por ejemplo, para construir una matriz de formar.

5

Las superficies en cono truncado aplicadas como en la figura 4A, si se hacen del mismo material y tienen el mismo espesor y tamaño que el segmento de pared cuadrado de contorno isotenso de 10 mm arriba descrito, no podría funcionar, bajo una presión diferencial de 1,8 kilogramos por centímetro cuadrado, igual de bien que la superficie isotensa, y sería más susceptible al fallo por carga de fatiga, entendiéndose por carga de fatiga la acción de cargar y descargar intermitentemente una estructura. Un material térmicamente conductor y de pared delgada, tal como una chapa de aluminio de espesor inferior a aproximadamente 0,5 mm, al que se aplicase o en el que se formase una superficie de contornos isotensos con unos salientes unidireccionales de apoyo de pared, y se convirtiese luego en una estructura acanalada, producirá un elemento de intercambio térmico admirablemente adecuado para diversas aplicaciones de transmisión de calor, tales como la de los radiadores destinados a motores de combustión interna.

10

15

20

25

Un método para construir matrices dotadas de una superficie de contorno isotenso con salientes unidirecciona

les de apoyo de pared repartidos a distancia, para uso en la fabricación de elementos de intercambio de calor, consistiría fundamentalmente en fabricar un bloque dotado, en su superficie, de multitud de apoyos a modo de salientes verticales, formando un diseño de distribución y estando dimensionados en cuanto a tamaño en relación con el diseño de distribución y con el tamaño de los salientes de apoyo de pared deseados en una superficie de contorno isotenso. En torno a los bordes del bloque se prevén unos lados o costados que se extienden hacia arriba, obteniéndose así un entrante o cavidad que contiene los apoyos verticales. La cavidad se conectaría a unos medios productores de presión de modo que, al haber un material flexible asegurado a trac-ción en la parte alta de la cavidad y también en contacto con y sostenido por los apoyos salientes verticales, los medios productores de presión pudiesen hacerse funcionar forzando a la parte no sostenida de dicho material flexible a entrar en la cavidad, en tanto que los apoyos salientes verticales impiden la deflexión o deformación de la parte sogtenida del material flexible, haciendo de ese modo que el material flexible adopte un contorno isotenso dotado de salientes de apoyo de pared. A continuación es posible depositar sobre dicho material flexible un material que se endurezca manteniendo su forma (material formante de horma) de manera que, una vez adecuadamente curado o endurecido, pu

diesen desactivarse los medios productores de presión. El material endurecido, dotado de la superficie de contorno isotenso con salientes de apoyo de pared unidireccionales dispuestos de manera esencialmente uniforme, queda entonces dispuesto para ser usado como matriz, para fabricar los elementos de intercambio de calor, de contornos isotensos, de la presente invención.

A continuación se describirá un ejemplo ilustrativo de este método de fabricación de matrices o coquillas, en relación con las figuras 2, 2A y 2B. Un bloque de presión 21 tiene unas aberturas 22 interconectadas a un pasaje 23 que a su vez está acoplado a una bomba de vacío 24, una válvula de purga 25 y un manómetro 32. Los salientes 26, repartidos a distancia para obtener el diseño de distribución deseado de una superficie de contornos isotensos, sobresalen de la superficie 33 a una distancia que excede de la altura máxima H de la superficie de contornos isotensos deseada ilustrada en la figura 1, estando dicha altura H medida verticalmente desde un plano horizontal que contiene las áreas aseguradas bajo unos miembros de sustentación B, hasta la cresta de la superficie curva, situada en la intersección de las diagonales de la superficie C, a lo largo del eje Z, como se ilustra en la figura 1. En la periferia del bloque de presión 21 se monta firmemente un marco o bastidor 27, utilizando unos medios

de fijación por tornillos 28, bastidor o marco que sobresale por encima del perímetro del bloque de presión 21 en una magnitud sensiblemente igual a la altura de los salientes 26. En el marco 27 se coloca atirantada una membrana flexible 29, tal como de caucho natural o sintético, asegurada al marco por medio de tachuelas o similares (no representadas). De preferencia, la membrana flexible 29 descansa encima de los salientes 26. Encima del marco 27 se coloca un segundo marco o bastidor 30, esencialmente semejante al marco 27 y sujeto a éste por sus esquinas y/o en torno a todo el marco, por medio de tornillos 31 colocados a distancias de separación prefijadas.

Con la membrana flexible 29 asegurada al bloque de presión 21 de manera hermética, por medio de los marcos 27 y 30, se activa la bomba de vacío 24 de modo que la membrana flexible 29 entra por aspiración en las aberturas 35 situadas entre salientes 26, como se ilustra en la figura 2B. Regulando mediante la válvula de purga 25 la presión creada por la bomba de vacío 24 e indicada en el manómetro 32, es posible dar un contorno isotenso a la membrana flexible 29 entre salientes 26. Los salientes 26 han de ser de una altura suficiente para impedir que la membrana flexible 29 toque, deformándose, a la superficie 33 de las aberturas 35. Al alcanzarse el contorno isotenso deseado en la membrana 29 para una aplicación particular de uso final pre-

visto, el material 34 formante de horma, tal como resinas epoxídicas, termoplásticos, hormigón, cemento o similar, se deposita en el marco 30 donde queda sostenido por la membrana flexible 29. A continuación se deja endurecer el material formante de horma 34. La superficie horizontal 36 de los salientes 26 comunica a la membrana flexible 29 y, por tanto, al material 34 formante de horma, unos salientes 37 dirigidos hacia adentro que presentan, cada uno, un segmento de botón horizontal 38. Aun cuando este segmento de botón horizontal 38 de cada saliente 37 dirigido hacia adentro se representa plano, puede ser curvo, ondulado o dotado de nervaduras adecuadas, con tal que su forma case o concuerde con otros segmentos de botón dispuestos en salientes de tipo semejante, repartidos en una superficie de contornos isotensos cooperante de modo que cuando con tales superficies se formen canales, éstos puedan apilarse o colocarse yuxtapuestos, formando una estructura de canales múltiples. A continuación, se desactiva la bomba de vacío 24, se desmonta el marco 30 y se retira el material formante de horma 34 ya endurecido. Esta superficie de contornos isotensos con salientes 37 de apoyo de pared puede entonces usarse como modelo de colada o moldeo para la fabricación de un molde, o bien puede usarse apropiadamente como coquilla o matriz, con o sin recubrimiento adecuado de moldeo en coquilla. La matriz isotensa de

curvas múltiples fabricada de ese modo puede luego emplearse, usando técnicas habituales, para fabricar superficies de contornos isotensos que tengan unos salientes unidireccionales de apoyo de pared, a base de un material en lámina delgada. Las láminas o chapas pueden luego tratarse del modo arriba descrito hasta obtener un elemento de intercambio de calor de la forma deseada que, ensamblado con otros elementos de intercambio de calor, estructuralmente semejantes o estructuralmente diferentes, dé como resultado un intercambiador de calor por superficies primarias con excelentes aptitudes para la transmisión de calor.

Aun cuando se haga referencia a los elementos de intercambio térmico de esta invención como poseedores de una superficie de contornos isotensos, se sobrentiende que los métodos o técnicas de fabricación impiden comunicar o dar una superficie exacta de contornos isotensos, sin esfuerzos cortantes, a un material que tenga un espesor finito. Ni siquiera el más flexible y elástico de los materiales se comporta con precisión como membrana ideal en pompa de jabón. La existencia de un espesor implica, de modo inherente, que habrá ciertos esfuerzos mínimos de cizalladura y de flexión, que produzcan desviaciones respecto del contorno ideal. Tales desviaciones aparecen, no sólo en el material elástico utilizado para fabricar una matriz como en la figura 2, sino también en los materiales de pared a los que se dé forma

a continuación con la matriz. Es más, el peso de los materiales formados de horma colados o moldeados sobre una película formada neumáticamente, da origen a otras desviaciones respecto de un contorno ideal. Además, las características de memoria elástica o "muelle" de muchos materiales de pared térmicamente conductivos retrasan o estorban al logro de un verdadero contorno isotenso exento de esfuerzos cortantes, que se trate de aplicar a su superficie. Finalmente, la diferencia de presiones ΔP existente en servicio de un lado al otro de la pared produce en ésta unas deflexiones o deformaciones que dan origen a que la pared se aparte del contorno tal como sale de horma. Si bien algunas desviaciones pueden contrarrestar a otras, se tendrá normalmente como resultante neta una ligera desviación de altura de cresta H respecto del valor tomado como base de suposición en el proyecto o diseño de la superficie. En aplicaciones de isocompresión, la desviación neta de esta altura dará lugar habitualmente a un valor de H más reducido que el supuesto en el proyecto. Por lo tanto, para compensar esta desviación, podría suponerse para H, con fines de proyecto, un valor ligeramente superior.

La ecuación para el contorno isotenso dada más arriba no tiene en cuenta la deflexión o deformación de la pared bajo la presión de servicio, ni el muelleo de los materiales formados con una matriz, ni las deflexiones de

Los moldes debidas al peso de los materiales formantes de
horma. Después de formada una pared isotensa, su funciona-
miento puede comprobarse por medio de la ecuación preceden-
te. Es posible efectuar medidas reales de H con la pared
5 en servicio bajo una diferencia de presiones ΔP , y este
valor puede ser usado en la ecuación para calcular el es-
fuerzo S en fibras efectivo bajo la carga ΔP . Entonces se
sabrá si se está sobrepasando el máximo esfuerzo admisi-
ble y si las desviaciones son tolerables o excesivas.

10 Si el esfuerzo real y efectivo con desviaciones
respecto al perfil ideal se considera excesivo, es posible
entonces refinar y mejorar el diseño de la pared. Por
ejemplo, la medición real de la superficie pondrá de ma-
nifiesto la desviación neta de H respecto de la dimensión
15 ideal supuesta en el proyecto primitivo. Es posible enton-
ces hacer un ajuste de H de tal modo que cuando se forme
una nueva pared usando la dimensión ajustada y se exponga
a la diferencia de presiones de servicio, el contorno de
la superficie se adapte o concuerde casi exactamente con
20 el de la membrana ideal en pompa de jabón. De esta manera
es posible llegar al diseño y producción óptimos de la pa-
red. Así, la referencia a una superficie de contorno isoten-
so en esta invención dará a entender una superficie de con-
torno esencialmente isotenso que admita desviaciones de ma-
25 nufactura debidas principalmente a ser finito el espesor

de material, a las características del material y a los métodos de fabricación.

Para su aplicación general a los intercambiadores de calor, una superficie de contorno isotenso como la ilustrada en la figura 3A, que tenga una distancia D de separación entre salientes de apoyo de pared (repetible) aproximadamente comprendida entre 5 mm y 63,5 mm; una relación o cociente D/d aproximadamente comprendida entre 3 y 10; una relación H/D aproximadamente comprendida entre 0,05 y 0,2 y un grosor de lámina o de pared comprendido entre alrededor de 0,08 y aproximadamente 6,35 mm, será del todo adecuada. Tal como se usa en lo que antecede y se ilustra en las figuras 1 y 3A, H es igual a la máxima altura medida perpendicularmente desde una superficie que contiene las extremidades de los salientes de apoyo de pared (plano X-Y) hasta la cresta más interior de la superficie isotensa de dicho elemento (a lo largo del eje Z); D es igual a la distancia de separación entre centros de los salientes de apoyo de pared contiguos más juntos de la superficie de dicho elemento; y d es el diámetro equivalente del saliente, definido por la relación $4a/p$, en la cual a es igual al área del segmento portador de carga (botón) del saliente de apoyo de pared y p es igual al perímetro de dicho segmento portador de carga. Cuando la configuración del segmento portador de carga sea un círculo, d es igual al diámetro de es-

te círculo, como se indica en las figuras 1 y 3A. El segmento portador de carga está conformado de manera que concuerde, estando ambos tocándose, con segmentos portadores de carga de tipo semejante que estén en salientes de apoyo de pared de una segunda pared de intercambio de calor.

La limitación en la distancia D de separación viene impuesta porque una separación menor de 5 mm da lugar a radios hidráulicos muy pequeños en el lado cóncavo de la pared isotensa, haciéndolo muy susceptible a la acumulación de suciedad (esto es, de materia extraña) entre paredes adyacentes; acumulación que, si es excesiva, obstruiría los pasajes destinados a uno de los medios fluidos. También se produciría como resultado una fuerte pérdida de carga exterior del fluido por unidad de longitud del trayecto de circulación de éste. Las distancias de separación D superiores a 63,5 mm darían lugar a un área de intercambio de calor pequeña por unidad de volumen de intercambio de calor, produciéndose como consecuencia un excesivo coste de manufactura y un rendimiento disminuido. También se reduciría la aptitud del material para resistir una presión diferencial de un lado a otro de su espesor de pared.

Para una relación D/d menor que 3, la presión diferencial admisible de un lado a otro de la pared del elemento de intercambio de calor realizado en forma de canal sería mayor, pero se perdería una gran proporción del área

de superficie a los fines del intercambio de calor. Por otra parte, una relación D/d mayor que 10 exigiría una tolerancia rigurosa de fabricación para asegurar la correspondencia de los segmentos portadores de carga en paredes isotensas a tope, y localizaría también la carga concentrándola en el punto de contacto de los segmentos portadores y produciendo esfuerzos suficientes para ocasionar la ruptura o una deformación excesiva de las paredes isotensas.

Una relación H/D menor de 0,05 daría por resultado una superficie isotensa de radios hidráulicos muy pequeños en el lado cóncavo, aproximándola uniformemente casi a una superficie plana, con lo cual desaparecerían las ventajas del contorno isotenso. Un intercambiador de calor compuesto de canales isotensos de tan pequeña relación H/D sería también susceptible al ensuciamiento, y tendría una elevada pérdida de carga de fluido exterior por unidad de longitud del trayecto recorrido por éste. Para una relación H/D mayor de 0,2, se obtendría un área pequeña de intercambio de calor por unidad de volumen de intercambio de calor, con el consiguiente aumento excesivo del coste de manufactura y la correspondiente disminución del rendimiento.

Un espesor de material menor de 0,08 mm resultaría inadecuado, a causa de las imperfecciones locales producidas en el metal durante la laminación o resultantes de una corrosión ("picadura") o erosión. Un espesor de material

superior a 0,35 mm no resulta adecuado para la presente invención, empleado dentro de los límites impuestos a D, H y d, porque la utilización completa o casi completa de la resistencia o tenacidad del material implica diferencias de presión extremadamente elevadas. Las formas de ejecución en las cuales las fuerzas de presión no estén equilibradas dentro de los canales exigen robustas estructuras exteriores para absorber las cargas, en tanto que las formas de ejecución equilibradas en fuerzas, en las cuales los salientes de apoyo de pared estén unidos entre sí y cargados a tracción, se caracterizarían por una fuerte concentración de esfuerzos en dichas áreas unidas.

Para satisfacer los requisitos específicos de intercambio de calor para los radiadores de motores de combustión interna, los intervalos o márgenes admisibles arriba expresados se estrecharían hasta llegar a lo siguiente: una distancia repetible D aproximadamente comprendida entre 5 mm y 15 mm; una relación D/d aproximadamente comprendida entre 3 y 7; una relación H/D aproximadamente comprendida entre 0,05 y 0,12; y un espesor de pared o de lámina comprendido entre alrededor de 0,08 mm y aproximadamente 0,5 mm. Las dimensiones preferidas de una superficie de contorno isotenso para aplicaciones de radiador de automóvil son una D repetible de alrededor de 10 mm, una altura H de aproximadamente 0,9 mm, una dimensión de anchura d de botón de

alrededor de 2,3 mm, una relación D/d de aproximadamente 4,8, una relación H/D de alrededor de 0,08 y un espesor de lámina o de pared de aproximadamente 0,2 mm.

5 Como ilustración de este invento se dará el ejemplo siguiente, relacionado con la fabricación de un radiador de automóvil en el que se empleasen los elementos de intercambio de calor por superficie primaria arriba descritos. En la figura 3 se da la representación gráfica logarítmica, efectuada con el auxilio de un ordenador, de los esfuerzos o tensiones respecto a la altura H (igual que la H de la figura 1) de una superficie de contorno isotenso dotada de salientes de apoyo de pared uniformemente repartidos en diseño cuadrado, sobre chapa de aluminio de 0,18 milímetros de espesor. Con distancias repetibles de separación D de salientes de apoyo de pared a las que se dieron valores de 5, 10 y 20 mm, medidas entre los apoyos de saliente contiguos más próximos según lo indicado en la figura 3A, se obtuvieron tres líneas paralelas como las representadas en la figura 3. Suponiendo un máximo esfuerzo admisible para la chapa de aluminio, por unidad de área de sección recta, aproximadamente comprendido entre 140 y 320 kg/cm^2 en el modo operacional previsto para aquella, y una altura H de saliente de apoyo de pared aproximadamente comprendida entre 0,64 y 1,0 mm, una superficie de contorno isotenso que tuviese una distancia repetible D de separación entre apoyos salientes contiguos compren

10

15

20

25

dida entre alrededor de 7,5 y aproximadamente 15 mm, resultaría admirablemente adecuada para aplicaciones de intercambio de calor tales como para radiadores de automóvil. Estos intervalos de variación de la distancia D de separación y de las alturas H de saliente, indicados con un rayado transversal en la gráfica de la figura 3 son representativos de las aleaciones a base de aluminio, tales como las del tipo 1100 y 3003, sometidas a un nivel de esfuerzos relativamente reducido, esto es, con un elevado factor de seguridad. Basándose en tales niveles de fatiga o de esfuerzos, el área rayada puede servir de guía para obtener una superficie de contorno isotenso con curvas múltiples en una chapa de aluminio de pared delgada que, convertida por fabricación en estructuras de canal como las arriba descritas, dé un radiador efectivo para el motor de combustión interna, con una eficaz transmisión de calor. Si se utilizasen un material más fuerte y/o factores de seguridad más reducidos, los intervalos de variación de los esfuerzos admisibles serían más altos. Así, el intervalo admisible para la dimensión D aumentaría, para los mismos límites de la dimensión H.

La desviación admisible respecto de una superficie teórica de contorno isotenso para aplicaciones de radiador de automóvil, usando como material chapa de aluminio de 0,2 mm de espesor, fue investigada obteniéndose en re-

presentación gráfica unas curvas de presión aplicada, en función de la desviación de superficie (en unidades de longitud). En la chapa de aluminio se estampó una superficie de contorno isotenso dotada de dieciséis salientes de apoyo de pared, dispuestos en un diseño de distribución a base de cuadrados. La distancia D de separación entre los apoyos salientes era de 10 mm, y la altura H era de 0,9 mm (véase la figura 3A). Se aplicó presión a la superficie de contorno isotenso de la chapa de aluminio, por el lado convexo de la curvatura para así someter el material a compresión, y se midió la deflexión en el centro de las diagonales del diseño cuadrado. Este dato se representa gráficamente en la figura 4 (curva A). De igual modo, se estamparon unos salientes troncocónicos como los representados en la figura 4A, con ángulos de cono θ de 30° o de 45° y alturas H^2 de 0,9 mm, en chapas idénticas de aluminio, distribuidos según el mismo diseño cuadrado y sometidos luego al mismo tipo de ensayo de presión en función de la deflexión. La superficie de cono de 30° es una forma de realización de la solicitud de patente afín más arriba identificada. Los datos obtenidos usando chapas con salientes tanto de 30° de cono como de 45° de cono se representan gráficamente asimismo en las curvas B y C, respectivamente, de la figura 4. El ángulo de cono θ es el ángulo interior agudo medido entre la superficie horizontal sin deformar de la pared, junto al botón saliente,

y el segmento sensiblemente recto que sube a lo largo del lado en pendiente del saliente o botón cónico.

Las desviaciones o deflexiones de la cresta de la superficie que tienden a aplanar la pared son recusables, y han de reducirse al mínimo aun cuando tales deflexiones puedan estar dentro de límites de seguridad por bajo del punto de pandeo del material. Como se ha hecho notar anteriormente, las deflexiones representan desviaciones respecto al contorno de la membrana ideal en pompa de jabón.

Si las deflexiones son excesivas, el contorno ideal no puede seguirse de cerca bajo las diferencias de presión de servicio, aun cuando ello se quiera tener en cuenta en el proyecto. Es más, el material suele sufrir esfuerzos de flexión y cizalladura al experimentar la deflexión, y cuando las deflexiones son excesivas el material puede experimentar esfuerzos que se acercan al límite elástico en áreas localizadas. Si tales deflexiones se aplican repetidamente en servicio, el material puede fatigarse y agrietarse al cabo de una vida útil relativamente corta. Además, las deflexiones reducen el espacio disponible entre las paredes de intercambio de calor en los pasajes de menor presión, y dan como resultado sea una mayor pérdida de carga, sea una reducción del gasto o caudal de paso de fluido. Como puede verse por referencia a la figura 4, la pared de contorno isotenso usada en los ensayos no dio virtualmente deflexión alguna en

la cresta para diferencias de presión de hasta 2,5 kg/cm². Por contraste, la superficie cónica de un ángulo θ de 45° sufrió fuerte deflexión con bajas diferencias de presión.

En los ensayos indicados de la superficie de con-
5 tornos isotensos y de las superficies troncocónicas de 30° y de 45°, el esfuerzo de fatiga en el material se midió también directamente por medio de extensímetros o calibres de deformación a una diferencia de presión de 2,1 kg/cm². El esfuerzo de fatiga se midió sobre la diagonal, en el punto en
10 que la superficie inclinada de los salientes cónicos se encuentra con el segmento llano no deformado del material, esto es, en el arco de radio R. Se tomaron los datos siguientes:

15	<u>Superficie</u>	<u>Esfuerzo, kg/cm²</u>
	Contorno isotenso	972
	Cono de 30°	1295
	Cono de 45°	2958

20 Los datos ponen de manifiesto el aumento de esfuerzo de fatiga resultante del uso de las superficies de cono de 30° y 45°, respecto al de la superficie de contorno isotenso. Es de notar que, para conseguir la pared isotensa de esta invención, es esencial que toda el área de la superficie,
25 con exclusión de los apoyos de pared, esté sin restricciones

de manera que quede libre para desviarse y, por lo tanto, se halle desprovista de cargas mecánicas locales. Según se ha descubierto, cuando se unen firmemente entre sí las crestas del contorno de parejas contiguas de canales isotensos, los contactos de unión entre parejas de canales constituyen entonces parte de la sustentación o soporte de las paredes contra la fuerza de la presión neumática; y cuando la superficie de una disposición de crestas unidas como ésta se ponga a presión neumática aplicada por su curvatura convexa, la acción mecánica localizada en el centro o cresta de la superficie curva produce extremados esfuerzos de flexión y cizalladura, que llegan a dar por resultado la destrucción de las paredes isotensas con cargas neumáticas reducidas.

Una vez determinadas las dimensiones de los segmentos de contornos isotensos deseados y de los salientes de apoyo de pared de un elemento de intercambio térmico, así como la relación dimensional entre los mismos, es posible preparar una matriz como se ha descrito más arriba. La matriz puede entonces usarse en aparatos de tipo usual para dar el contorno isotenso deseado, según lo arriba descrito, a una chapa delgada y térmicamente conductiva tal como de aluminio. Para las aplicaciones a radiadores, es posible estampar o conformar de manera semejante una chapa rectangular de aluminio con una matriz de contorno isotenso. Si

se va a plegar la chapa, el área central de plegado ha de quedar entonces libre de salientes de apoyo de pared. La chapa, que puede tener un espesor cualquiera conveniente según lo arriba especificado, aun cuando es preferible que la chapa sea de aproximadamente 0,2 mm de espesor, puede entonces plegarse longitudinalmente por el centro formando una configuración a modo de tubo aplanado, con los salientes de apoyo de pared mirando hacia dentro o hacia fuera. En lugar de preparar una sola chapa grande y doblarla, pueden prepararse dos chapas y formarse adecuadamente en los bordes longitudinales para efectuar la unión, separándolas luego por unos medios adecuados hasta obtener la configuración a modo de tubo aplanado. Si así conviene, los bordes longitudinales de las chapas podrían diverger en una magnitud específica, de modo que al yuxtaponerse dichos bordes longitudinales de dos chapas hasta tocarse, den la distancia de separación deseada dentro del canal. Los bordes de las chapas pueden "encapsularse", por ejemplo, con resina epoxídica, para unir entre sí las chapas con cierre hermético formando configuraciones tubulares, de las cuales es posible disponer una pluralidad en formación regular, conectándolas de modo estanco a un colector, hasta obtener un conjunto de radiador.

Como se indica en las figuras 5, 5A y 5B, los elementos de intercambio de calor 1 de tipo tubular aplanado pueden cerrarse de modo hermético al aire, a lo largo de sus

bordes 2, 3, usando una junta de retención mecánica rellena de un adhesivo 14, tal como un adhesivo de tipo epoxídico. Los elementos 1 de intercambio de calor, dotados de una superficie 4 de contornos isotensos con salientes 5 de apoyo de pared convenientemente repartidos, pueden superponerse de modo que las extremidades de superficie (botones) 17 estén tocándose unas con otras, para formar así un intercambiador de calor de multitud de capas. Como se ilustra en la figura 5B, los botones salientes 17 que se tocan dejan unos pasajes 15 entre elementos de intercambio térmico 1 contiguos, pasajes que vienen definidos por las superficies 4 de contorno isotenso de los elementos 1 adyacentes y, además, los botones 17 que están en contacto actúan oponiéndose a la presión interior que haya en los elementos 1 de intercambio de calor. El botón saliente 5' podría estar desalineado o dispuesto de manera no simétrica en lados opuestos de cada elemento 1', como se ilustra en la figura 5C, alterando de ese modo el área de paso del elemento 1'. Las extremidades 6 de los elementos 1 se hacen ligeramente deprimidas, si es necesario, para dejar espacio para los dientes 7 de unos miembros 8 que tienen forma de peine. Los miembros 8 retienen a los elementos 1 en la adecuada relación mutua, y proporcionan un segmento 9 de placa exterior adaptable para fijar el colector 10 a los mismos. Además, los miembros 8 deben también proporcionar un cierre hermético o estanco respecto al colector

tor 10 y a los elementos de canal 1, para que, al funcionar o en el modo operacional, el fluido que se haga pasar a través de los elementos 1 desde el colector 10 no escape pasando al espacio comprendido entre elementos 1 adyacentes. Tal como se ilustra, el colector 10 puede asegurarse a los miembros 8, mediante el uso de una disposición de junta de tipo adhesivo. Una resina adecuada para su uso en juntas de tipo adhesivo para aluminio es la resina tipo EA-914 manufacturada por la División Hysol de la Dexter Corporation de California, EE.UU. Ahora bien, esta resina debe usarse en combinación con un procedimiento de tipo Alodine, como tratamiento previo de las superficies a unir. Este procedimiento de tratamiento previo de Alodine constaría fundamentalmente de las siguientes etapas.

- 15 (a) empapar y frotar con acetona las superficies a unir, para desengrasar;
- (b) sumergir las superficies en H_3PO_4 débil durante 10-15 segundos, a la temperatura ambiente;
- (c) lavar las superficies en agua;
- 20 (d) sumergir las superficies en Alodine nº 1200 a la temperatura ambiente, por un tiempo de 5 a 20 minutos (el Alodine nº 1200 es fabricado por Amchem Products, Inc., Fremont, California, EE.UU. y contiene fluoruros y cromatos ácidos);
- 25 (e) lavar las superficies con agua; y

(f) secar las superficies.

Las superficies secas pueden unirse después con la resina, de preferencia dentro de un período aproximado de cuatro (4) horas. Los elementos 1 pueden luego mantenerse juntos empleando para ello un canal 12 o perfil en U de tipo tensor, que puede ir asegurado a los miembros 8 y/o a un miembro estructural independiente 13. El canal 12 debe proyectarse también de modo que sea rígido y tenga en su sección recta el momento de inercia suficiente para absorber una carga de flexión y permitir una pequeña dilatación de los elementos 1. Los miembros 8 y/o 13 pueden asimismo estar fijados a una parte del bastidor del automóvil, para mejor sustentación. A fin de ilustrar mejor el doble juego de pasajes de una formación de elementos de la presente invención, se representa en las figuras 6, 6A y 6B una formación de elementos 21 con unos soportes o apoyos 22 de pared salientes hacia fuera. Los pasajes 23 de los elementos 21 definen un primer juego de pasajes confinados, independientes y por separado de un segundo juego de pasajes 24 formado entre los elementos 21 adyacentes. A través de los pasajes 23 de los elementos 21 puede hacerse pasar un primer fluido, indicado con flechas de línea llena, en tanto que simultáneamente puede hacerse pasar un segundo fluido (más frío) representado con flechas de trazo interrumpido, de manera que recorra los pasajes 24 dando lugar de modo efec

tivo a una transmisión de calor desde el fluido más caliente al fluido más frío sin que ambos se entremezclen. Para este tipo de realización a isocompresión se necesita un soporte o bastidor rígido semejante al soporte 12 de la figura 5, para sujetar el paquete o formación de elementos 21 a lo largo de los costados. Las figuras 7 y 7A ilustran una disposición regular o formación semejante de elementos 30, con la salvedad de que los salientes 31 de apoyo de pared sobresalen hacia dentro. Unos pasajes 32 de dentro de los elementos 30 son independientes y están separados del pasaje 33 formado entre elementos 30 adyacentes. A través de los pasajes 32 puede hacerse pasar un primer fluido, indicado con flechas de línea llena, mientras simultáneamente se puede hacer pasar un segundo fluido más frío, indicado con flechas de trazo interrumpido, de modo que recorra los pasajes 33 produciendo efectivamente una transmisión de calor desde el fluido más caliente al fluido más frío sin que ambos se entremezclen. Para este tipo de disposición de elementos se necesitan unos separadores 34 para separar los elementos 30 a una distancia suficiente, definiendo así los pasajes 33. Se sobrentiende que el separador 34 podría ser similar a la estructura a modo de peine 8 representada en la figura 5, estructura que a su vez podría estar acoplada directamente a un colector similar al colector 10, también representado en la figura 5.

En el modo operacional de un radiador de automóvil, como se indica en la figura 5, el agua caliente procedente de un motor de combustión interna se hace pasar por los elementos 1, en tanto que se hace circular aire frío por los pasajes 15 formados entre elementos 1 adyacentes. Para aumentar el rendimiento de los elementos 1 de intercambio de calor, puede prolongarse uno de los bordes 2 y 3, o ambos, para obtener una aleta de disipación de calor 16, como superficie secundaria, según lo representado en la figura 5D. La aleta, que podría también añadirse a los elementos merced a unos medios de fijación usuales, puede estar provista de pequeñas ondulaciones que provoquen turbulencia, o bien puede estar provista de hendiduras, o adoptar otra configuración geométrica conveniente que refuerce la acción funcional de los elementos de intercambio de calor. También podrían usarse unas barras laterales para separar los elementos según lo indicado en la patente de EE.UU. 3.291.206, o bien unas nervaduras de borde según se indica en la patente de EE.UU. 3.106.242.

Aun cuando la ilustración que antecede se refería a radiadores de automóvil, el elemento de intercambio de calor por superficie primaria de esta invención puede ser empleado en un tipo cualquiera de intercambiador de calor en el que vaya a efectuarse una transmisión de calor entre un medio calentado y un medio refrigerante, sin que tenga lu-

gar una mezcla mutua de ambos medios. La flexibilidad de proyecto de los elementos de intercambio de calor por superficie primaria de esta invención los hace admirablemente adecuados para aplicaciones de intercambiadores de calor de tipo complejo, que incluyan precalentadores para turbinas de gas y eliminadores de calor de clase ordinaria para centrales atómicas de energía.

5

10

Tal como aquí se utilizan, Mylar es una denominación comercial de E. I. DuPont Company, y Alodine es una denominación comercial de Amchen Products, Inc.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 15 de Octubre de 1971, bajo el Nº 189.659, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

REIVINDICACIONES

20

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

25

1ª.- Un método de construir matrices para uso en la fabricación de elementos de intercambio de calor isotensos,

en el que dichas matrices tienen una superficie de contorno isotenso con unos salientes unidireccionales repartidos a distancia, método que comprende las etapas de: (a) fabricar un bloque dotado, en su superficie, de multitud de apoyos a modo de salientes verticales y dotado de lados que se extienden hacia arriba en torno a los bordes de dicho bloque, obteniéndose así una cavidad que contiene dichos apoyos verticales; formando dichos apoyos un diseño de distribución determinado y estando dimensionados de modo que se correspondan con el diseño de distribución y el tamaño de los salientes de apoyo de pared deseados en una superficie de contorno isotenso; (b) asegurar a tracción un material flexible cruzando la parte alta de dicha cavidad de manera que tome contacto con y esté sostenido por dichos apoyos verticalmente salientes; (c) someter el material flexible a unos medios productores de presión de modo que obliguen a la parte no sostenida de dicho material flexible a entrar en la cavidad, en tanto que los apoyos verticalmente salientes impiden la deflexión o deformación de la parte sostenida de dicho material flexible que se halla en contacto con los citados soportes, haciendo de ese modo que el material flexible adopte un contorno isotenso dotado de salientes unidireccionales dispuestos de manera esencialmente uniforme; (d) depositar y endurecer sobre dicho material flexible un material que se endurezca manteniendo su forma (material formante de horma); (e) in

terrumpir la acción de dichos medios productores de presión; y (f) retirar dicho material endurecido, dotado de una superficie de contorno isotenso con salientes unidireccionales repartidos a cierta distancia de separación.

5 2ª.- El método de la reivindicación 1ª, en el que dicho material formante de horma se elige de entre el grupo que consta de resinas epoxídicas, termoplásticos, hormigón y cemento.

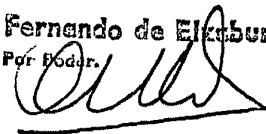
10 3ª.- Un método de construir matrices para uso en la fabricación de elementos de intercambio de calor isotensos.

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.

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

Madrid, 11 ABR. 1975
P.A.

Fernando de Elciburu
Por Poder.



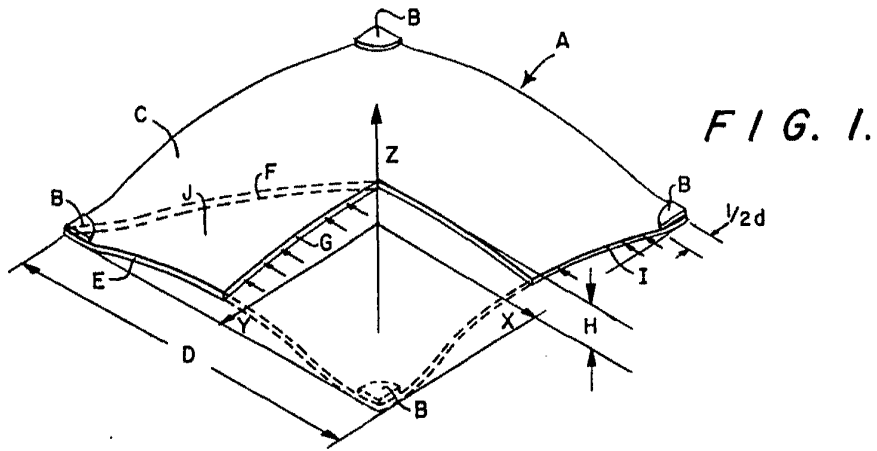


FIG. 1.

FIG. 2.

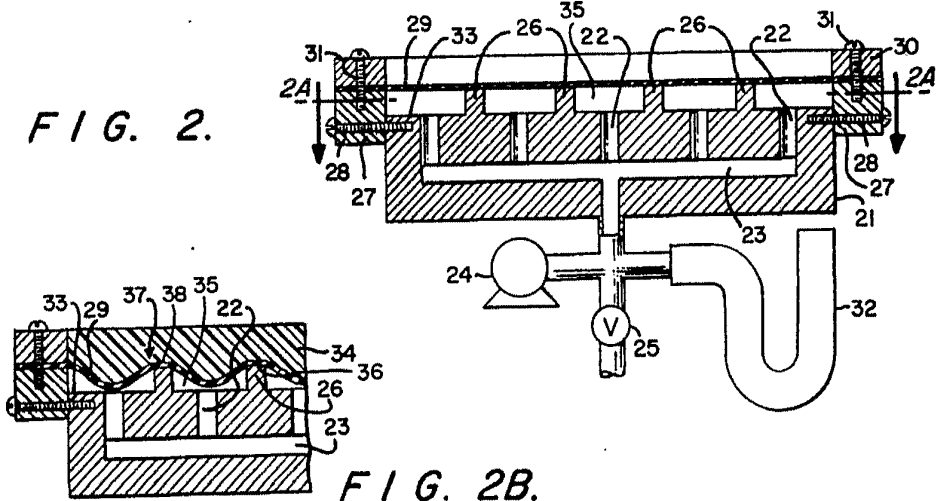


FIG. 2B.

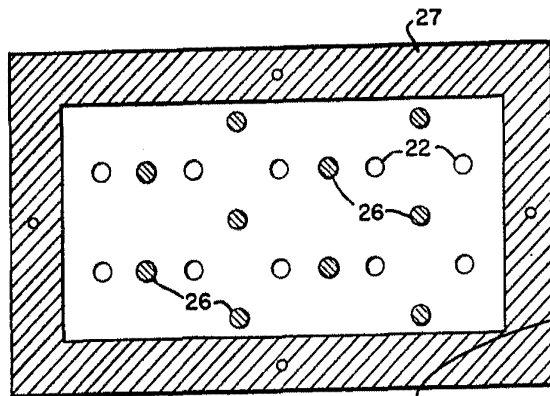


FIG. 2A.

Fernando de Elizaburu
Por Poder.

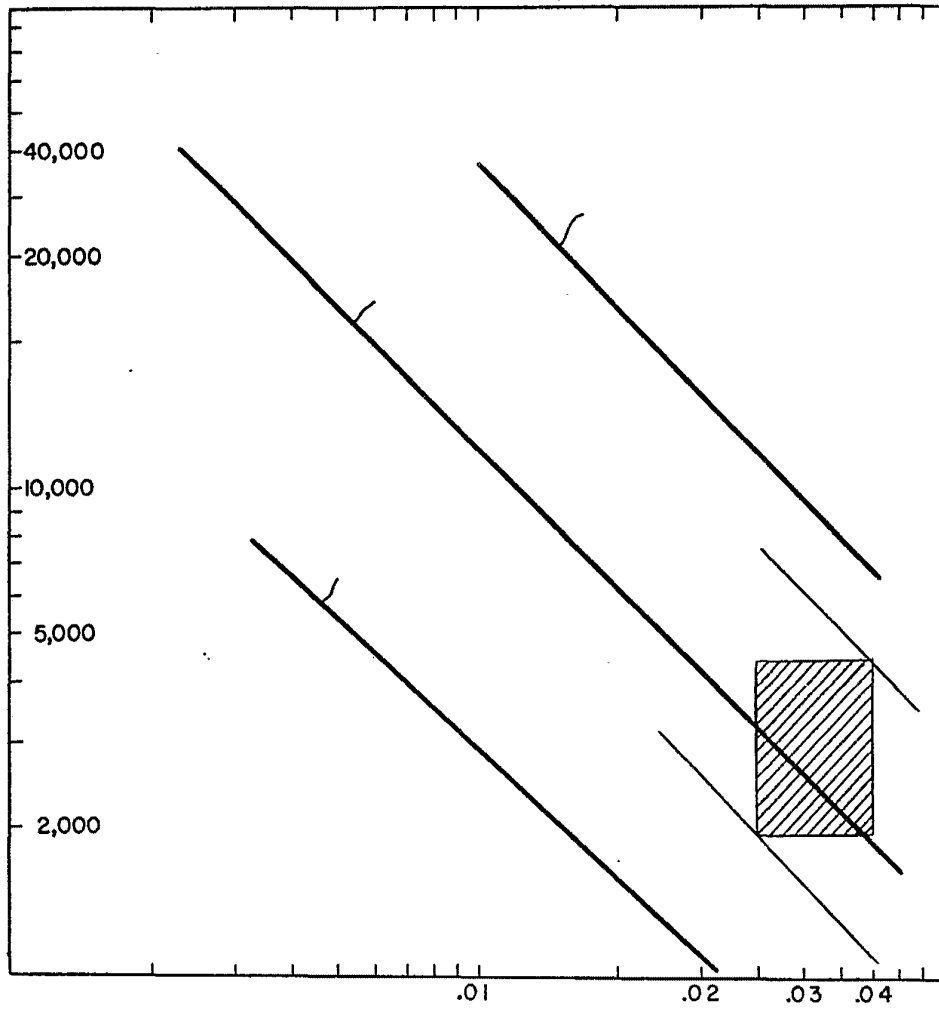


FIG. 3.

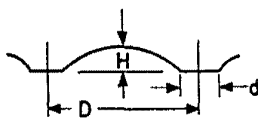


FIG. 3A.

Fernando de Elzaburu
For Fedde.

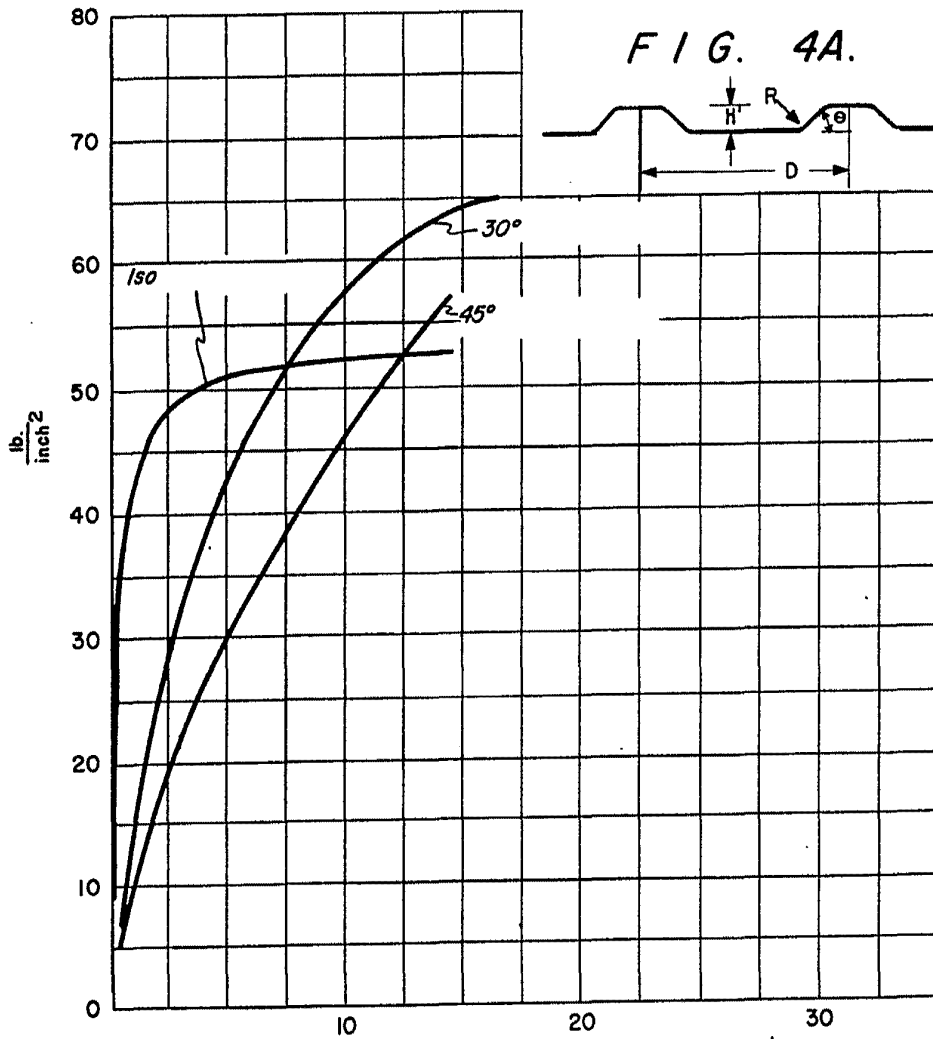


FIG. 4.

Fernand G. Hinzburg
For For...

P61178

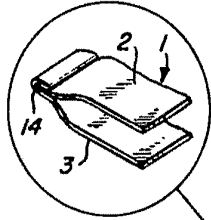


FIG. 5A.

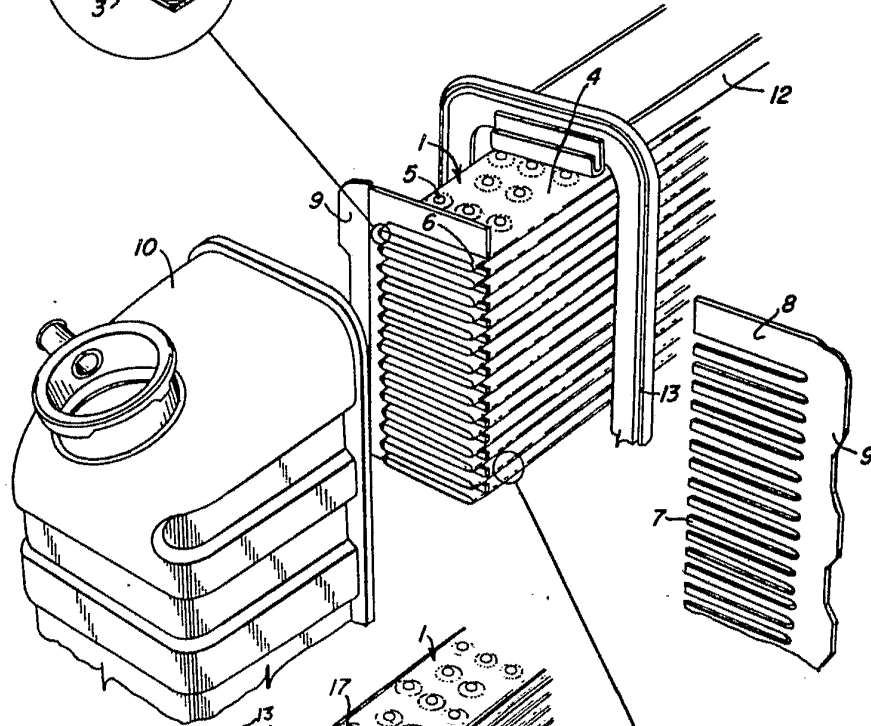


FIG. 5.

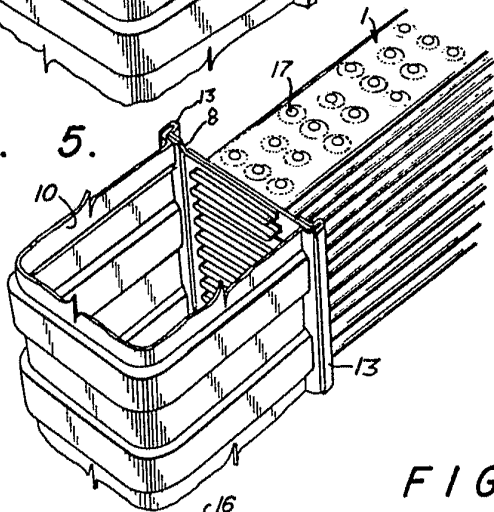


FIG. 5B

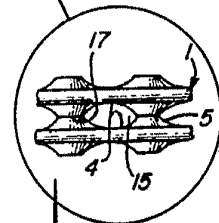


FIG. 5C.

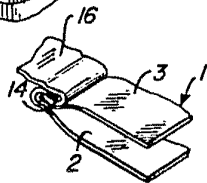
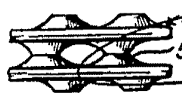


FIG. 5D.



Per Foster

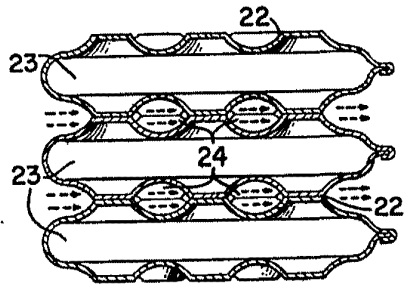
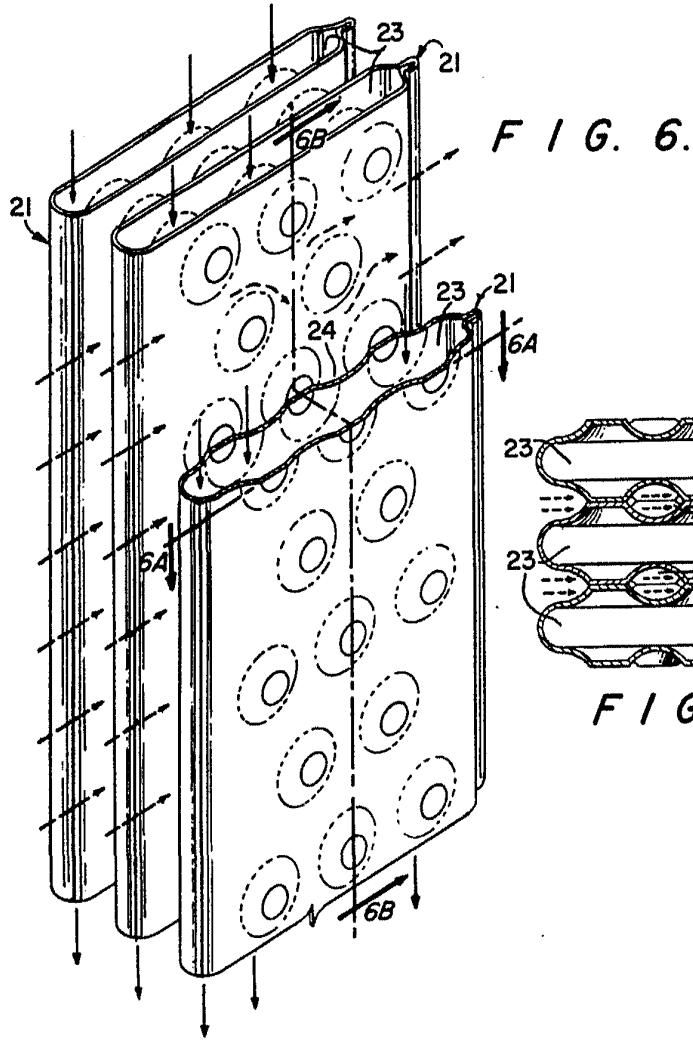
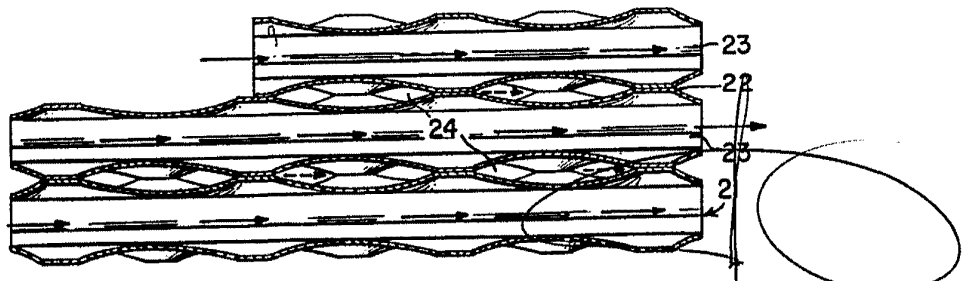


FIG. 6A.

FIG. 6B.



Union Carbide Corporation
New York, N.Y.

[Handwritten signature]

60178

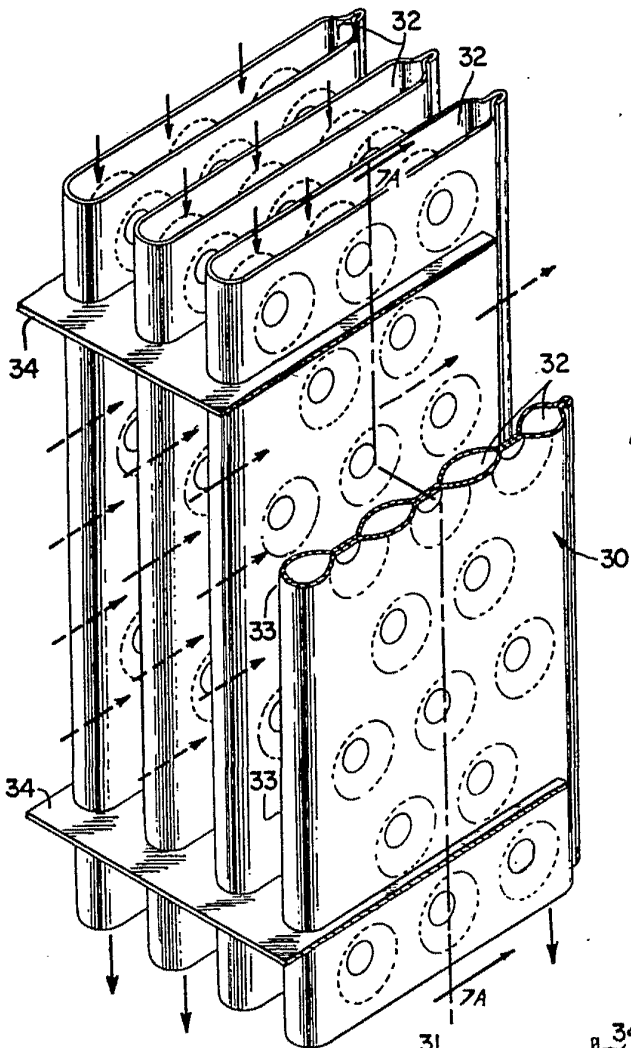


FIG. 7.

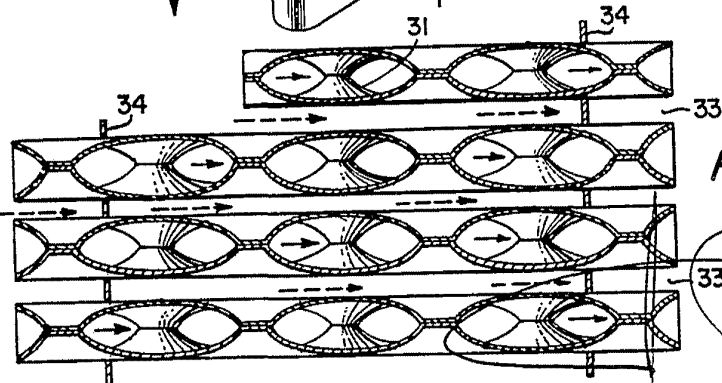


FIG. 7A.

Union Carbide Corporation
New York, N.Y.