



Case 3804

407632

EX. CO. F28D

PATENTE DE INVENCION

por 20 años

A favor de THE BABCOCK & WILCOX COMPANY, sociedad mercantil
estadounidense, domiciliada en 161 East 42nd Street, NEW
YORK (U.S.A.). - - - - -

por: "INTERCAMBIADOR DE CALOR PERFECCIONADO, Y METODO PARA
REDUCIR EL CHOQUE TERMICO EN SUS TUBOS". - - - - -

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención concierne a intercambia-
dores de calor, y más concretamente a nuevos métodos y
dispositivos para reducir el choque térmico en sus tubos
5 y estructuras similares.

Transferir calor de un líquido a otro es una
operación industrial muy generalizada. Las refinerías y
las fábricas de productos químicos, así como las centrales
eléctricas de tipo nuclear o térmico, figuran entre los



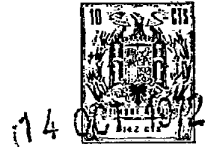
ejemplos más característicos de instalaciones en las que se hace un empleo frecuente de equipo intercambiador de calor.

5 En una central nuclear de agua a presión, por ejemplo, un líquido refrigerante primario absorbe calor del reactor. Este líquido caliente se hace circular hacia el cabezal de entrada de un intercambiador de calor. Normalmente, el intercambiador de calor tiene un cabezal de entrada y otro de salida, respectivamente,
10 para recibir y descargar el refrigerante primario. Un haz de tubos establece la comunicación del refrigerante primario entre ambos cabezales. Además, los extremos de dichos tubos suelen estar anclados en placas de soporte que sirven de cierre para los correspondientes cabezales.

15 Un recipiente a presión encierra el haz de tubos para formar así una cámara en la cual un líquido refrigerante secundario, que fluye entre la superficie interna del recipiente a presión y las superficies
20 externas de los tubos, absorbe calor del refrigerante primario que circula por dichos tubos. El refrigerante secundario, que suele penetrar en la cámara por orificios de alimentación, tras absorber calor del refrigerante primario es descargado del intercambiador de calor por
25 orificios de salida para su distribución a las instalaciones generadoras de electricidad de la central.

Dado que generalmente el refrigerante primario se encuentra sometido a una presión superior a 140 kg. por cm^2 , muchas de las porciones estructurales del intercambiador de calor sometidas a tan elevada presión tienen que
30 estar construídas forzosamente de acero de sección muy

407632 - 3 -



gruesa. Esto es particularmente aplicable a las placas de soporte de tubos. Cada una de ellas, por ejemplo, puede llegar a tener practicadas hasta 15.000 perforaciones para el alojamiento de todos los tubos que formen el haz. Para proporcionar una adecuada integridad estructural en tales circunstancias, las placas para soporte de tubos tienen que tener no menos de 61 cm. de espesor.

Las diferencias entre las temperaturas del refrigerante primario y secundario que experimentan las caras o superficies de las placas portatubos tienden, por otra parte, a provocar tensiones de tipo térmico. Así, por ejemplo, el acero responde a los cambios de temperatura dilatándose o contrayéndose, según corresponda, de acuerdo con su coeficiente de dilatación térmica. Este fenómeno físico, cuando se aplica a una gruesa placa de soporte de tubos de un intercambiador de calor, conduce a una situación en la que una diferencia relativamente escasa en la temperatura del líquido refrigerante libera fuerzas incontrolables de dilatación de una extraordinaria magnitud. Esta circunstancia se ve agravada de modo particular en el caso de las placas para tubos, ya que las tensiones de flujo térmico, por lo general, son directamente proporcionales al grosor del elemento afectado, de manera que un elemento muy grueso sufre una carga mucho mayor para una diferencia dada de temperatura que un elemento relativamente más delgado. Si la diferencia de temperatura entre las superficies de una placa para tubos es suficientemente grande, las fuerzas que se crean pueden llevar a producir una fractura en la

407632 - 4 -



placa, o en alguna otra parte de las estructuras soldadas del intercambiador.

Aunque las condiciones de tensión que se producen bajo un flujo regular de refrigerante y una carga térmica relativamente constante pueden superarse por medio de un diseño adecuado, el problema se hace más difícil en situaciones de ciclo térmico. Por ejemplo, si las tensiones térmicas no encuentran alivio por rotura en el intercambiador de calor a medida que las diferencias de temperatura en el refrigerante fluctúan dentro de amplios límites, puede llegarse a un deterioro estructural causado por fatiga del metal.

Para evitar estas dificultades, en algunos intercambiadores de calor se ha dispuesto un "economizador" individual para los haces de tubos. Un economizador de esta clase consiste en una pluralidad de planchas transversales desviadoras, situadas cerca de la entrada del refrigerante secundario. El líquido que penetra por dicha entrada descarga directamente sobre la estructura en láminas desviadoras del economizador, separando momentáneamente el líquido más frío de la placa de soporte de tubos en el correspondiente cabezal de salida.

También se han previsto toberas auxiliares de alimentación de líquido para superar este problema de tensiones térmicas. Estas toberas descargan directamente el líquido sobre el haz de tubos si por cualquier razón se interrumpe el flujo a través de la entrada principal de alimentación. Además, esta alimentación secundaria tiene lugar en una posición en la que el vapor que asciende por el interior del intercambiador de calor se

407632

- 5 -



14 OCT 1972

ha sobrecalentado, es decir, se ha calentado hasta una temperatura superior a la temperatura de vaporización que corresponde a la presión establecida dentro del haz de tubos. Gracias a esta configuración, el líquido entrante que pueda llegar hasta la placa portatubos de la salida del refrigerante primario ha tenido que pasar primero por una porción muy notable del haz de tubos, elevando su temperatura hasta un nivel ya aceptable.

Sigue existiendo, de todos modos, la necesidad de encontrar otras soluciones al problema de las tensiones térmicas en los intercambiadores de calor, con objeto de aumentar las posibilidades de su diseño.

De acuerdo con la presente invención, una nueva técnica para aliviar algunos de estos problemas de las tensiones térmicas en los intercambiadores de calor se caracteriza por una entrada auxiliar de alimentación de líquido que descarga directamente sobre el haz de tubos justamente por encima de la placa de soporte de tubos del cabezal de salida durante maniobras de puesta en funcionamiento, carga reducida u otras condiciones de baja temperatura del líquido de alimentación, según corresponda.

Más concretamente, el intercambiador de calor construido incorporando los principios de la invención dispone de por lo menos una tobera principal de entrada que descarga en un conducto descendente anular comprendido entre la superficie interna del recipiente a presión y una envoltura que rodea a la parte del haz de tubos contigua a la placa de soporte de tubos del cabezal de salida del refrigerante primario. Este conducto descendente



hace que el líquido que penetra descienda por el interior del anillo, pasando sobre la superficie de la placa de tubos del cabezal de salida, y vuelva a subir por el haz de tubos dentro de la cámara de ascensión que queda formada entre las superficies externas de los tubos y la superficie interna de la envoltura. Debe observarse que esta cámara de ascensión define por lo general un volumen en el cual el agua así alimentada absorbe suficiente calor como para volatilizarse formando vapor saturado, es decir, un vapor que no lleva nada de agua en suspensión. A carga máxima y en funcionamiento constante, la diferencia de temperatura entre el líquido de alimentación que fluye sobre la placa de tubos y el refrigerante primario en el lado opuesto de la misma placa produce tensiones térmicas que pueden preverse y aceptarse dentro de ciertos límites.

Durante las maniobras de arranque y paro del reactor, o su funcionamiento a carga parcial, el líquido de alimentación de entrada está relativamente más frío, y en consecuencia, la diferencia de temperatura suele rebasar los niveles tolerables. De acuerdo con la invención, para impedir que se desarrollen tensiones térmicas potencialmente dañinas, al menos una entrada auxiliar de líquido de alimentación penetra en el recipiente a presión del intercambiador, así como a través del anillo de descenso y la parte de la cámara situada encima de la placa de soporte de tubos. En estas condiciones se cierra una válvula para interrumpir el flujo a través de la entrada principal de alimentación, impidiendo así que el líquido relativamente frío establezca contacto con la placa portatubos del cabezal



de salida, provocándole un choque térmico.

No obstante, se observará que la tobera de
descarga auxiliar no debe estar excesivamente alejada
de la placa de tubos del cabezal de salida, o de lo
5 contrario la presión de descarga del refrigerante
secundario podría mostrar tendencia a oscilar. En este
sentido se ha comprobado que si no se produce vapor por
debajo del nivel de la tobera de alimentación auxiliar,
la presión de salida del refrigerante secundario es
10 estable. Además esta presión se mantiene estable incluso
si se produce una cantidad apreciable de vapor por encima
del nivel de inyección de líquido de alimentación auxiliar.
Las variaciones de presión se inician, en cambio, si
tiene lugar una ebullición considerable tanto por encima
15 como por debajo de dicho nivel auxiliar de inyección de
líquido.

En una versión distinta del invento, el sistema
de alimentación auxiliar se dispone de manera que descargue
en el haz de tubos por encima de una sección economizadora.

20 Para una comprensión más detallada de la
presente invención, se hace referencia a la memoria
descriptiva que sigue, en la que se hace mención del
dibujo adjunto, quedando especificado el alcance de la
invención en sus reivindicaciones.

25 La figura única que se acompaña ilustra un
corte en alzado de un intercambiador de calor que
incorpora los principios del invento.

El mismo consiste en un intercambiador de
calor -10- que transfiere el calor producido en un
30 reactor nuclear, de un refrigerante primario, que suele

407632

- 8 -



ser agua a presión, a un refrigerante secundario. El intercambiador de calor -10- comprende un recipiente cilíndrico -11- alargado y hueco, a presión. Los extremos de dicho recipiente -11- están cerrados por un cabezal semi-esférico de entrada -12- para el refrigerante primario, en un extremo, y un cabezal igualmente semi-esférico de salida -13-, para el refrigerante primario, en el otro extremo.

El cabezal de entrada tiene una conexión de entrada -14- por la que el refrigerante primario calentado por el reactor nuclear (no ilustrado) fluye hacia el interior de una cámara -15-.

Para proporcionar un medio de acceso a la cámara -15- para su servicio y mantenimiento de rutina, reparaciones, etc., la porción esférica del cabezal -12- tiene una compuerta de paso -16- y una ventanilla de observación -17-. La porción plana del cabezal semi-esférico -12- constituye la placa de soporte -20- de tubos para entrada del refrigerante primario. Esta placa está perforada por aberturas (no ilustradas) en las que se alojan todos y cada uno de los tubos -21- que forman el haz de tubos -22-. Generalmente, los extremos de los tubos -21- más próximos a la entrada del refrigerante primario se alojan y afirman en las correspondientes aberturas de la placa de tubos por abocinado o similar.

El haz de tubos -22- recorre toda la longitud efectiva del intercambiador de calor -10-, y termina en el lado -23-, del refrigerante primario, de la placa -24- de tubos del cabezal de salida, que establece o constituye

407632 - 9 -



la parte plana de dicho cabezal -13- hemisférico de salida. De forma análoga al cabezal -12-, el cabezal de salida -13- va provisto de una conexión de salida -25- que permite que el refrigerante primario que penetró en la cámara -26- de salida de líquidos desde los tubos -21-, pueda descargarse del intercambiador de calor -10-. Un paso para operarios -27- y una ventanilla de observación -30-, así como una conexión de vaciado, han sido previstas en la porción esférica del cabezal de salida -13-.

Los diversos tubos del haz -22- también van fijados en la placa -24- del cabezal de salida por abocinado o método similar, para asegurar una separación estanca entre el líquido en el lado -23- del refrigerante primario y el lado -31- del refrigerante secundario de la placa de tubos -24- de salida. Como ejemplo, puede decirse que el haz de tubos de un intercambiador de calor del tipo considerado llega a tener hasta unos 15.000 tubos sujetos en una placa -24- cuyo grueso es de 61 cm.

La porción del haz de tubos contigua a la placa de tubos -24- del cabezal de salida está circundada por una envoltura hueca cilíndrica o pared -32- de una cámara de ascensión. El volumen del intercambiador de calor entre la superficie interna de la envoltura -32- y la superficie externa de los tubos -21- define una cámara de ascensión -33-, que incluye un economizador. La envoltura -32- va sujeta con tornillos, o de cualquier otra forma, al lado -31- del refrigerante secundario de la placa de tubos -24- de salida. La porción de la envoltura -32- que es contigua al lado -31- del refrigerante secundario lleva

407632

- 10 -



14 OCT 1972

una pluralidad de aberturas o pasos de agua -34- que establece una comunicación líquida del refrigerante secundario entre un conducto anular -35- de descenso y la cámara -33- de ascensión.

5 Como se ilustra en el dibujo, el conducto de descenso -35- queda formado entre la superficie interna de la porción del recipiente a presión -11- que es contigua al cabezal de salida -13- y la superficie externa de la envoltura -32-. La comunicación líquida por el
10 extremo del conducto de descenso -35- que queda separado de la placa de tubos -24- no tiene acceso al resto del intercambiador de calor -10- a causa de una pestaña anular -35A- unida a la superficie interna del recipiente a presión -11- y a la superficie externa de la envoltura
15 -32- en un plano transversal muy próximo al borde libre de la envoltura.

 El agua de alimentación se descarga en el conducto de descenso -35- por las toberas -36-. Estas toberas están dispuestas en un plano general transversal
20 al eje longitudinal del recipiente a presión -11-. Además, las toberas -36- penetran todas en el recipiente cilíndrico -11- a presión en dirección radialmente convergente, estando en comunicación líquida con el conducto de descenso -35- para permitir la admisión de agua nueva
25 al intercambiador de calor -10- en condiciones normales de plena carga.

 El agua de alimentación se suministra a las toberas -36- por una ruta que incluye una entrada de alimentación -37-, una válvula -40- y un cabezal alimen-
30 tador de entrada -41-.



14 OCT 1972

Con objeto de elevar el agua de alimentación hasta su temperatura de saturación, se instala un economizador en la cámara -33- de ascensión. Como se ilustra, este economizador queda situado por encima de los

5 orificios -34- para entrada de agua, y comprende un grupo de planchas desviadoras paralelas, que se han ilustrado en forma de una placa toroide plana -44- dispuesta concéntricamente al eje longitudinal del recipiente a presión -11-. Un disco circular y plano -45-,

10 dispuesto transversalmente, queda centrado con respecto al eje longitudinal del recipiente a presión -11- y situado por encima de la placa -44-. Esta placa -44- y el disco -45- están firmemente sujetos dentro del haz de tubos para completar así la estructura del economizador.

15 Como se ilustra, el agua de alimentación que se descarga en el conducto de descenso -35- procedente de las toberas principales -36- de alimentación de entrada, debe fluir por el conducto tortuoso que queda formado dentro del haz de tubos -22- a causa de la estructura del economizador.

20 Una cámara de recalentado -46- queda definida por otra envoltura hueca y cilíndrica -47- o envoltura de recalentado, situada dentro del recipiente a presión -11- a cierta distancia de su superficie interior. Dicha envoltura encierra a la parte del haz de tubos -22- que

25 es contigua a la placa de tubos -20- del cabezal de entrada del refrigerante primario.

La envoltura de recalentado -47- se fija dentro del intercambiador de calor -10- por medio de una placa toroide -51- dispuesta transversalmente. La soldadura del

30 borde externo de la placa -51- con la superficie interior



del recipiente a presión -11-, y la soldadura de la
circunferencia interior de la placa con el extremo de
la envoltura -47- que constituye uno de los lados de
la abertura -50-, impiden además que el vapor producido
5 por encima del economizador pueda fluir hacia arriba
penetrando en un conducto anular o compartimiento de
salida -52- formado entre la superficie externa de la
envoltura de recalentado -47- y la superficie interna
del recipiente a presión -11-.

10 En funcionamiento normal a plena carga, el
vapor del refrigerante secundario en la cámara de
recalentado se eleva a una temperatura mayor que la
temperatura de saturación a la presión establecida dentro
de la cámara -46-. Este vapor recalentado fluye sobre
15 el borde libre de la envoltura recalentadora -47- y a lo
largo del lado del refrigerante secundario de la placa
de tubos -20- del cabezal de entrada, para ir a descargar
por las conexiones de salida -53- siguiendo el comparti-
miento anular de salida -52-. El agua de alimentación,
20 transformada en un refrigerante secundario recalentado
del modo descrito, se envía a la turbina, a los condensa-
dores y a otros elementos de la central, según convenga,
para convertir en energía eléctrica el calor producido
por el reactor.

25 De acuerdo con la invención, el flujo de agua
de alimentación por el conducto -37- de entrada hasta
el cabezal -41- se interrumpe a voluntad por medio de
la válvula -40-. Una bifurcación -54- en el conducto -37-
que sigue ascendente desde la válvula -40- permite
30 descargar parte del agua de alimentación de dicho

407632

- 13 -



14 OCT 1972

5 conducto -37- directamente en la cámara de ascensión
-33-, por una ruta que comprende una válvula -55-, un
conducto auxiliar -56- de agua de alimentación, un
cabezal auxiliar -57- y un grupo de toberas -60-. Como
se ilustra en el dibujo, cada una de las toberas -60-
penetra en el recipiente a presión -11- atravesando el
conducto de descenso -35- y la envoltura -32- de la
cámara de ascensión para ir a descargar en la cámara
-33- en un plano común a todas ellas que es transversal
10 al eje longitudinal del recipiente a presión -11-. Este
plano está distanciado en sentido longitudinal del disco
circular -45- y de la plancha toroide -44- que forman
el economizador.

15 En funcionamiento, a medida que disminuye la
carga térmica a través del intercambiador de calor -10-,
aumenta la diferencia entre la temperatura de entrada
del agua de alimentación en el lado -31- del refrigerante
secundario de la placa de tubos -24- del cabezal de
salida y la temperatura en el lado -23- del refrigerante
20 primario de la placa de tubos. Así, el agua de alimen-
tación se hace relativamente más fría a medida que
disminuye la carga térmica en el intercambiador de calor
-10-. En general, al llegarse a una carga aproximada del
50%, la diferencia entre la temperatura de salida del
25 refrigerante primario y la temperatura de entrada del
refrigerante secundario supera el límite tolerable de
tensiones de choque de la placa de tubos -24-.

De acuerdo con la invención, a medida que se
llega a la máxima diferencia térmica tolerable, la
30 válvula -55- en el conducto -56- de agua de alimentación



auxiliar va abriéndose para descargar parte del líquido directamente a la cámara -33- de ascensión pasado ya el economizador, con objeto de impedir que el líquido frío establezca contacto directo con la placa de tubos -24-.

5 A medida que se abre la válvula -55-, la válvula -40- en el conducto principal de entrada -37- va cerrándose. De este modo el volumen de agua fría de alimentación que fluye en contacto directo con la placa de tubos -24- va reduciéndose gradualmente.

10 En una aplicación característica del invento, la función de suministrar agua de alimentación como refrigerante secundario al intercambiador de calor -10- recae casi totalmente al conducto auxiliar de alimentación -56-, en una escala que va desde flujo cero hasta aproximadamente un 40 por ciento de la carga total de flujo.

15 Para lograr este resultado, se cierra la válvula de alimentación principal -40- y se abre totalmente la válvula de alimentación auxiliar -55-. En la escala situada entre 40 y 50 por ciento del total de la carga de flujo, se

20 suministra agua de alimentación al intercambiador de calor por las toberas auxiliares -60- y por las toberas principales de alimentación -36-. Dentro de esta escala, las dos válvulas -40- y -55- permanecen en estado parcialmente abierto. Por encima del 50 por ciento

25 aproximadamente de la carga total de flujo, además, se cumplen todos los requisitos exigidos al agua de alimentación secundaria gracias a las toberas de descarga de la misma, -36-. Llegándose a dicho tope, la válvula principal de alimentación -40- está ya totalmente abierta,

30 y cerrada la válvula de alimentación auxiliar -55-. Unos

407632 - 15 -

140



sensores adecuados de temperatura (no ilustrados) están distribuidos por el intercambiador de calor -10- con objeto de proporcionar las mediciones en que habrá de basarse la decisión de accionar las válvulas -40- y
5 -55- de acuerdo con los principios expuestos.

Como se ha dicho, el economizador no es una característica esencial de esta invención. Un intercambiador de calor basado en los principios del invento podrá funcionar con toda eficacia sin disponer de un
10 economizador, habiéndose incluido su estructura específica en el dibujo que se acompaña, tan sólo para mayor claridad de ilustración.

La presente invención, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran tan sólo en detalle de la indicada
15 únicamente a título de ejemplo, a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba. Podrá, pues, fabricarse este intercambiador de calor con los medios y accesorios más adecuados, por quedar todo ello comprendido en el espíritu de las siguientes reivindicaciones.
20

En relación con esta solicitud de patente de invención se hace constar, a todos los efectos oportunos, que se reivindica la prioridad de 27 de Octubre de 1971, correspondiente a la solicitud de patente U.S.A. ser. no.
25 193.108.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención, haciendo constar que a los efectos pertinentes se invoca el Artículo 57 del Estatuto:



1.- Intercambiador de calor perfeccionado, caracterizado por comprender un haz de tubos, una envoltura que rodea a una parte de dicho haz de tubos para crear una cámara de ascensión interior y producir vapor, al menos una tobera principal de entrada de alimentación dispuesta en el exterior de dicha cámara de ascensión y distanciada de la envoltura para descargar líquido alimentador en el intercambiador de calor, al menos una tobera auxiliar de entrada de alimentación que atraviesa dicha envoltura y queda dentro de la cámara de ascensión para descargar directamente el líquido en su interior, y válvulas relacionadas con las toberas de alimentación para el suministro selectivo de dicho líquido al intercambiador de calor por dichas toberas.

2.- Intercambiador de calor, según la reivindicación 1, caracterizado además por comprender un economizador dentro de la envoltura de la cámara de ascensión, cuyo economizador queda distanciada de la tobera auxiliar de alimentación para recibir el líquido procedente de la tobera de entrada principal de alimentación y elevar dicho líquido a la temperatura de saturación.

3.- Intercambiador de calor, según la reivindicación 2, caracterizado porque el economizador comprende una disposición de planchas generalmente transversales al haz de tubos.

4.- Intercambiador de calor, según la reivindicación 1, caracterizado porque la tobera auxiliar de entrada de alimentación comprende una pluralidad de toberas dispuestas en un plano generalmente transversal al haz de



tubos, un cabezal acoplado a dichas toberas, y conductos auxiliares de alimentación para establecer comunicación de flujo alimentador entre las válvulas y el cabezal.

5 5.- Método para reducir tensiones térmicas en
un intercambiador de calor formado por un recipiente a presión, un haz de tubos y una envoltura interpuesta entre el recipiente a presión y el haz de tubos, c a r a c t e r i z a d o por constar de las fases siguientes: medir la temperatura de intercambio de calor, controlar el flujo
10 en el conducto principal de alimentación al intercambiador de calor según sea la temperatura medida, para admitir dicho líquido de alimentación en el intercambiador de calor entre el recipiente a presión y la envoltura, y controlar el flujo del conducto auxiliar de alimentación
15 al intercambiador de calor según sea la temperatura medida, eludiendo el conducto principal de alimentación y descargando el líquido directamente en el haz de tubos.

6.- INTERCAMBIADOR DE CALOR PERFECCIONADO, Y METODO PARA REDUCIR EL CHOQUE TERMICO EN SUS TUBOS.

Consta la presente memoria descriptiva de diecisiete hojas mecanografiadas, foliadas, numeradas y escritas por una sola cara, acompañada de una lámina de dibujos.

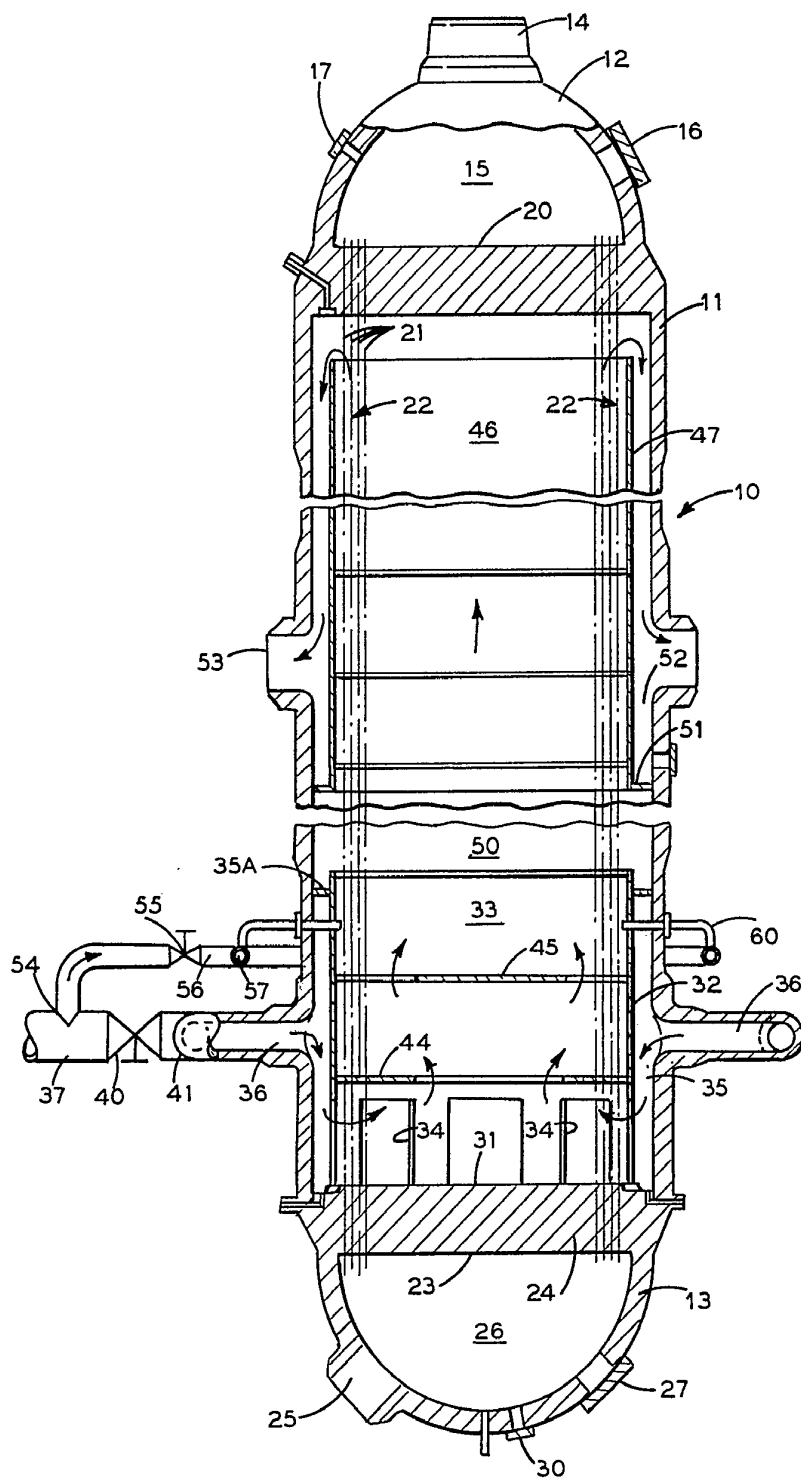
Madrid, a 14 de Octubre de 1972

THE BABCOCK & WILCOX COMPANY
p.a.

MANUEL DE LA HERRERA
P. T.



407632



Madrid 14 de Octubre de 1972

MANUEL DE RAFAEL

M. R. Quintero