

PATENTE DE INVENCION

29p/P.3749/StBf/303

279528



Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento para la generación de vapor a presión supercrítica y generador de vapor para la realización del mismo"

Solicitante: SULZER FRERES, Société Anonyme, entidad suiza, residente en Winterthur, Suiza.

Este invento se refiere, en general, a sistemas generadores de vapor y, más especialmente a sistemas de generación de vapor, del tipo de circulación forzada y paso único, que funcionan a presiones

5. supercríticas.



- Aunque los sistemas de generación de vapor del tipo de corriente forzada y de paso único, se han usado extensamente funcionando a presiones subcríticas, su empleo a presiones supercríticas ha sido limitado
5. a causa de los problemas con que se tropieza al manejar fluidos de trabajo a estas presiones. En realidad, un fluido a presión supercrítica se comporta como un fluido de fase única y, al calentarse, acusa una transición suave de lo que puede denominarse un líquido a
10. lo que puede llamarse un vapor. No ocurre nada parecido a la evaporación. Así, no existe punto alguno durante el caldeo de un fluido a una presión supercrítica, en el que un "vapor" y un "líquido" existan juntos; no existe punto alguno en el que la temperatura no cambie
15. al añadir calor o al quitarlo; y el volumen específico del fluido cambia siempre al cambiar la temperatura. Existe sin embargo una región en la que el volumen y el calor específico del fluido, empiezan a cambiar rápidamente cuando se añade o se retira calor, y esta región se ha
20. llamado la "zona de transición" del fluido de trabajo.
- Con anterioridad, se creía necesario colocar la zona de transición en una sección del sistema de calefacción en la que existieran temperaturas del gas relativamente bajas. En esta disposición el fluido de
25. trabajo se calienta generalmente en una sección de pared de agua de una cámara de horno de temperatura elevada, inferior a la que se encuentra en la zona de transición. A continuación, el fluido de trabajo se lleva a una sección de paso de gas a temperatura rela-
30. tivamente baja en la que se calienta a una temperatura

279528



- superior al grado de temperatura de la zona de transición. Finalmente, el fluido se hace retroceder a la cámara del hogar a temperatura elevada, para la calefacción adicional ^{tiene lugar} que/en un recalentador radiante. Estos
5. traslados del fluido de trabajo desde una sección a otra requieren complicados dispositivos de tuberías, de precio elevado. Además, precisan la división de la cámara del hogar en una superficie de caldeo, de pared de agua, y una superficie de recalentador radiante, lo
10. cual implica estructuras de soporte de difícil construcción.
- Para evitar los inconvenientes anteriores, es conveniente situar en la cámara del horno de un sistema de caldeo de fluido, la superficie de caldeo en la que se realiza la "transición" del fluido de trabajo.
15. Se plantean problemas de estabilidad de la circulación, cuando se intenta la nueva colocación. Específicamente, en la zona de transición, un gran cambio en la entrada de calor, dá por resultado un pequeño cambio en la temperatura, pero a un cambio elevado de volumen
20. específico. Sin embargo, en las zonas de caldeo que anteceden y siguen a la zona de transición, este cambio de temperatura y de volumen específico, se realiza en unas proporciones considerablemente inferiores. Así pues, si las tres zonas se colocan en el interior del
25. horno u hogar, en serie, aparecen problemas de baja estabilidad en la circulación, especialmente en el caso de baja carga. Este problema de baja estabilidad, se agrava además por las condiciones de bajo desprendimiento de calor. Así, para cargas reducidas, solo se
30. quema una cantidad muy limitada de combustible, dando

279528



- por resultado la formación de pequeños fuegos o llamas en las distintas posiciones de los quemadores. Esto contrasta con la "bola de fuego" a la carga máxima, que llena por completo el espacio de combustión de la
5. cámara del hogar. Consiguientemente, el funcionamiento a baja carga, proporciona una seria distribución desigual del calor dentro del hogar, y al combinarse con las condiciones específicas de circulación del fluido de trabajo en el interior de los tubos a cargas bajas,
10. dá por resultado un grado de estabilidad indeseablemente bajo.

- Este invento elimina el problema de la baja estabilidad tal como se ha indicado, y evita también las tuberías difíciles, complicadas y voluminosas
15. así como los montajes estructurales anteriormente necesarios, para trasladar el fluido de una sección del sistema de calefacción a otra. específicamente se utiliza un paso tubular continuo situado completamente en el interior de la cámara de temperatura elevada del
20. hogar, en combinación con una liberación adecuada de calor en dicho hogar, para cambiar el fluido de trabajo desde el llamado estado líquido al denominado estado de vapor, y que comprende un paso a través de la zona de transición. Junto con esto, una parte del fluido de trabajo se hace recircular a través de por lo
25. menos una parte de este pase, para aumentar la estabilidad y reducir las diferencias de temperatura.

- Más detalladamente, una parte del fluido de trabajo que pasa a través del paso continuo, se retira
30. y se mezcla con la corriente principal de fluido que



- se suministra al circuito. La temperatura del fluido suministrado, se eleva por este medio sobre la que tendría sin recirculación, y, por tanto, la diferencia de temperaturas entre el fluido que penetra en el
5. circuito y el fluido que sale del mismo, se reduce en alto grado. Un efecto inmediato de este, es el mejorar en gran proporción, la estabilidad de la circulación de fluido. Así, dado que la temperatura del fluido se hace más próxima a la zona de transición, el fluido
10. de todo el circuito cambia de modo uniforme y en cierta proporción en cuanto al volumen específico, al añadir calor. Como es sabido, un sistema es muy estable cuando los tubos paralelos del sistema llevan un fluido de trabajo que cambia uniformemente de volumen específico
15. al añadir o retirar calor.

- En condiciones de circulación relativamente elevadas del fluido de trabajo a través del sistema, por ejemplo, correspondientes a cargas relativamente elevadas destinadas a una turbina que se acciona por el
20. "vapor" engendrado en el sistema, la recirculación es de menos importancia. La zona de transición se halla todavía colocada dentro del circuito continuo de tubos en la sección del hogar. La inestabilidad no constituye un problema tan importante en este caso, sin embargo,
25. dado que las condiciones de circulación del fluido de trabajo son apreciablemente mejores que las existentes a bajas cargas, sin recirculación. La diferencia entre la temperatura de entrada y la de salida del fluido, es relativamente pequeña. Además, la absorción de calor
30. por el fluido es más uniforme en toda la cámara del



279528

hogar, a causa de la mayor liberación de calor a cargas elevadas. La inestabilidad de la circulación del fluido, consiguientemente, constituye un problema más a cargas elevadas que a cargas bajas.

5. Es cierto que la patente británica nº 831.175 publicada el 23 de marzo de 1960 para Procedimiento y Aparato para regular un generador de vapor de circulación forzada y paso único describe un sistema de generación supercrítico, utilizando recirculación a través de los tubos de caldeo del agua, situados en el interior de una cámara de hogar. Sin embargo, este invento no aclara donde se halla situada la zona de transición, ni describe deliberadamente la situación de la zona de transmisión en el interior de los tubos de la cámara del hogar.
- 10.
- 15.

- Aunque el invento se ha descrito en general en los párrafos anteriores, puede obtenerse una mejor comprensión del mismo, consultando la descripción detallada siguiente que ha de considerarse junto con los dibujos adjuntos, en los que
- 20.

la fig. 1 representa, esquemáticamente, un sistema de generación de "vapor" para trabajar a presiones supercríticas, y con los principios de este invento acoplados,

25. la fig, 2 representa el diagrama de entalpia para el vapor y el agua, representado con respecto a la presión absoluta e indicando la llamada zona de transición para presiones superiores a la presión crítica,

- las figs. 3 y 4 representan de qué modo la recirculación del fluido de trabajo en un aparato de
- 30.



caldeo que funciona a presión supercrítica, mejora la estabilidad de los circuitos de fluido de trabajo en las superficies de caldeo de la cámara de un hogar.

Más específicamente, las figs. 3 y 4 indican la distri-

5. bución de temperatura y volumen del fluido de trabajo cuando funciona a bajas cargas, con y sin recirculación; la fig. 3 muestra la temperatura del fluido de trabajo ^{en relación} con la proporción y tipo de superficie de caldeo a través de la cual pasa el fluido, y la fig. 4
10. muestra el volumen específico del fluido de trabajo en relación con el porcentaje de calor captado cuando el fluido pasa a través del aparato de caldeo.

La generación de vapor supercrítico, sugiere un caldeo continue de un fluido homogéneo cuyas propie-

15. dades experimentan una transformación continua de un líquido comprimido a un estado gaseoso, en ausencia de un cambio a una fase distintiva, a diferencia de la ebullición isotérmica en la generación de vapor subcrítico. Como se indicó anteriormente, la limitación
20. entre las dos fases, o la llamada "transición" del fluido de trabajo, de líquido a vapor, al calentarse a presión subcrítica, se cree en general que es la zona del ciclo de caldeo en la que un gran cambio de calor de entrada, dá por resultado un pequeño cambio en la
25. temperatura, y un cambio elevado en el volumen específico. En el diagrama de entalpia para vapor y agua, por ejemplo, reproducido en la figura 2, esta zona de transición se caracteriza por las partes relativamente
30. abruptas de las curvas de temperatura, en el orden de presiones subcríticas (ala derecha del punto crítico P).

279528



Esta zona se indica por un rayado y ocupa una superficie por encima y por debajo del llamado pseudo lugar geométrico de transición L para el agua en la zona de presión supercrítica, lugar geométrico que corresponde a los puntos de temperatura de evaporación de agua en la región de presiones subcríticas (a la izquierda del punto crítico P).

5. Con referencia a la fig. 1, el sistema generador comprende una cámara de hogar 11 con una serie de quemadores 12 situados alrededor de la parte inferior de aquella. Los quemadores pueden conectarse entre sí por una línea común de alimentación 14 que recibe una mezcla de combustible y aire, a través de una válvula ajustable 15. La combustión completa de la mezcla suministrada de combustible y aire, se realiza en el interior de la cámara de hogar 11, y los gases de escape salen de la cámara a través de pasos posteriores de gases 16 y 17, en los que no se verifica la combustión.

10. Un fluido de trabajo para el sistema, se bombea a una presión supercrítica, por una bomba de alimentación 19 a través de una primera serie de tubos de caldeo 20 denominados economizador que se encuentran en el paso posterior de gas 17. El fluido del interior del economizador, se calienta al principio y pasa a través de un par de colectores 21 y 22 y dos series de tubos colgantes 24 y 25, a un segundo par de colectores 26 y 27. El fluido a continuación circula desde los colectores 26 y 27, a través de una tubería 29, a un recipiente de mezcla 30, desde el cual el fluido de trabajo, por una tubería 31, pasa a un



colector de entrada 32 y luego asciende a través de una serie de tubos 34, situados en el centro de la cámara del hogar, a un colector de salida 35.

5. El fluido de trabajo circula desde el colector de salida 35, en dirección descendente, a través de una tubería 36, a la parte inferior de la cámara del hogar 11 y al interior de un par de colectores de entrada 37 y 39 que alimentan los tubos de caldeo 40 situados en las paredes exteriores de la cámara del hogar. El fluido a
10. continuación asciende por los tubos 40 y al interior de un colector 41 de salida de la pared de agua, a su vez conectado a un colector de distribución 42 acoplado, por una tubería 44, a una bomba de recirculación 45 y, por otra tubería 46, a otro colector 47.
15. La bomba de recirculación 45 que, a través de una válvula de interrupción y retén 49 que conecta el recipiente de mezola 30, retira una parte del fluido de trabajo calentado en la cámara 11, del cabezal 42 de distribución y lo añade a la corriente principal de fluido
20. que por la tubería 29, se suministra al recipiente de mezola. Como puede observarse en la figura a continuación, una parte del fluido de trabajo se hace recircular a través de los tubos 34 y 40 a la cámara 11 del hogar. La captación de calor en el interior de la cámara, con respecto a la circulación de alimentación del fluido de trabajo,
25. es tal que la transición del fluido desde su llamada fase líquida a su denominada fase de vapor, ocurre en el interior de los tubos 34 y 40, como indica la temperatura del fluido de trabajo en el colector de distribución 42.
30. Como antes se ha descrito, la recirculación



273528

del fluido de trabajo a través de los tubos del interior de la cámara del hogar 11, hace el sistema de generación más estable a cargas reducidas y permite que la zona de transición del fluido de trabajo se sitúe en el interior de la cámara del hogar.

5.

Esta mayor estabilidad, se aclara gráficamente por las figs. 3 y 4 que muestran el efecto de la recirculación sobre la temperatura y el volumen específico del fluido de trabajo y, consiguientemente, sobre la estabilidad de la circulación a través de las superficies de caldeo de la cámara del hogar.

10.

Así, en la fig. 3, los puntos A y B, de la curva de temperatura C, indican la temperatura de entrada y la de salida, respectivamente, del fluido que atraviesa

15.

las paredes de la cámara del hogar sin recirculación de fluido. Por el contrario, los puntos A' y B' de la curva de temperatura C' indican las temperaturas de entrada y de salida, respectivamente, del fluido,

20.

cuando la recirculación se utiliza de acuerdo con este invento. Se observará que una diferencia de temperaturas relativamente pequeña existe entre las temperaturas de entrada y de salida, cuando el fluido de trabajo se hace recircular, en contraste con la diferencia relativamente grande existente sin recirculación.

25.

La figura 4 representa una mejora correspondiente en la estabilidad de circulación al trabajar con recirculación de fluido de trabajo a bajas cargas, y que se refleja en los cambios de volumen específico. Así, los puntos D y E de la curva de volumen específico

30.

F, indican el volumen específico del fluido que entra

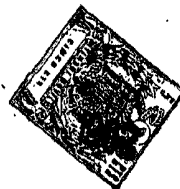
273528



- y sale, respectivamente, por el trayecto de fluido de la pared del hogar, al proceder sin recirculación, y los puntos D' y E' de la curva de volumen específico F', muestran el volumen específico del fluido que penetra
5. en la trayectoria de dicho fluido, y sale de ella, al proceder con recirculación. La mayor uniformidad de la pendiente de la curva F', en contraste con el cambio brusco de pendiente que se presenta en la curva F, indica la gran mejora en la estabilidad, que se
10. obtiene cuando el fluido de trabajo se hace recircular. Esto se evidencia por un índice de estabilidad de 1,75 calculado para la curva F', frente a un índice de estabilidad de 1,03 calculado para la curva F, con el máximo de estabilidad de un circuito calentado,
15. indicado por un índice de estabilidad de 2.

- Para cargas relativamente elevadas, o sea, cuando por unidad de tiempo se bombea una cantidad relativamente elevada de fluido de trabajo por la bomba 19, al interior del sistema de generación, la válvula de
20. paro y retención 49 puede cerrarse, eliminando la recirculación en conjunto. Durante estas cargas relativamente elevadas, que dan por resultado condiciones mejoradas de circulación y una absorción de calor más uniforme cuando el fluido de trabajo atraviesa los
25. tubos 39 y 40, puede conseguirse, sin recirculación, una estabilidad suficiente.

- El fluido que no se hace recircular a través de los tubos 34 y 40 de la cámara del hogar, pasa desde el cabezal distribuidor 42, por la tubería 46
30. del cabezal 47, a un par de colectores 50 y 51



279528

conectados a su vez, a una serie de tubos 52 situados en el paso posterior de gas 17. Después de calentarse en el interior de los tubos 52, el fluido de trabajo se dirige a través de un colector 54, una tubería 55 y otro colector 56, al interior de otra serie de tubos de caldeo 57 situados en la parte superior de la cámara del hogar 11 y que se hallan conectados a una nueva serie de tubos de caldeo 59 dispuestos en el paso de gas 16. La salida de los tubos 59, por una tubería 60, se acopla a una turbina 61 de alta presión.

Después de atravesar la turbina 61 y hacerla funcionar, el fluido de trabajo vuelve a dirigirse al paso de gas 16, se recalienta en una serie de tubos de recalentamiento 62 y, desde ellos, se aplica a una turbina 64 de baja presión.

La salida de la turbina de baja presión se aplica a un condensador 65 que reduce la temperatura del fluido de trabajo por debajo de su temperatura crítica, transformando así el fluido en lo que puede llamarse un líquido. El condensador se acopla a una bomba de condensado 66 que bombea el llamado líquido a una serie de caloríferos preliminares 67 y desde estos a un purgador de aire 69, desde el cual el fluido se suministra a la bomba de alimentación 19 para un nuevo ciclo.

De la descripción anterior de este invento, resulta evidente que el método descrito puede modificarse sin separarse del espíritu y alcance de aquél. Así pues, estas modificaciones han de considerarse comprendidas en las reivindicaciones adjuntas que son



279528

las que definen el alcance del invento.

NOTA

- Describa suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica,
5. debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a una Solicitud de Patente presentada en Norteamérica con fecha
10. 27 de Julio de 1961, nº Ser. 127.175 acogiéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España: "PROCEDI-
15. MIENTO PARA LA GENERACION DE VAPOR A PRESION SUPERCRITICA Y GENERADOR DE VAPOR PARA LA REALIZACION DEL MISMO"; caracterizándose por lo siguiente:
- 1º - Procedimiento para la generación de vapor a presión supercrítica en un generador de vapor de
20. paso forzado con por lo menos una superficie de calentamiento en la cámara de combustión y otra en el tiro del gas de humos, caracterizado, porque una parte del medio de trabajo impulsado en el paso forzado a través de las superficies de calentamiento es circulada a través
25. de por lo menos una parte de las superficies de calentamiento dispuestas en la cámara de combustión de forma tal, que la transformación de líquido en vapor se encuentra en todas las cargas en la parte de superficie de calentamiento afectada por la circulación del medio de
30. trabajo.

279528



- 2º - Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la circulación del medio de trabajo solo se efectúa por debajo del 90% de la carga total del generador de vapor.
5. 3º - Generador de vapor de paso forzado para la realización del procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la superficie de calentamiento, en la que se realiza la transformación de líquido a vapor, está dispuesta en la cámara de combustión y porque por lo menos en la zona de la superficie de calentamiento, en la que se efectúa la transformación, se ha previsto la circulación de una parte del medio de trabajo.
10. 4º - Generador de vapor según la reivindicación 3, caracterizado porque la superficie de calentamiento, en la que se efectúa la transformación, se compone de tubos, conectados en paralelo, que forman paredes, y el recalentamiento del medio de trabajo por lo menos en parte se efectúa en la parte superior de las tablas de tubos dispuestas en la parte superior de la cámara de combustión.
15. 5º - Generador de vapor según las reivindicaciones 3 y 4, caracterizado porque una de las paredes compuesta de tubos conectados en paralelo está dispuesta en la cámara de combustión de manera que las paredes de la cámara de combustión esté dividida en dos recintos adyacentes.
20. 6º - Generador de vapor según las reivindicaciones 3 hasta 5, caracterizado porque la pared de tubos que subdivide la cámara de combustión está
- 25.
- 30.

278528



anteconectada en la corriente del medio de trabajo a las demás paredes que limitan la cámara de combustión, y porque las paredes de tubos que limitan la cámara de combustión están conectadas en paralelo en la corriente del medio de trabajo.

5.

7ª - Generador de vapor según las reivindicaciones 3 hasta 6, caracterizado porque los tubos conectados en paralelo solo pasan una sola vez por la altura de la cámara de combustión.

10.

8ª - Procedimiento para la generación de vapor a presión supercrítica y generador de vapor para la realización del mismo, tal y como queda substancialmente descrito en la presente Memoria y los adjuntos dibujos.

15.

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

Madrid,

1982

SULZER FRERES, Societé Anonyme.

GÓMEZ ACEBO Y MODEY

TRABAJO VARIABLE

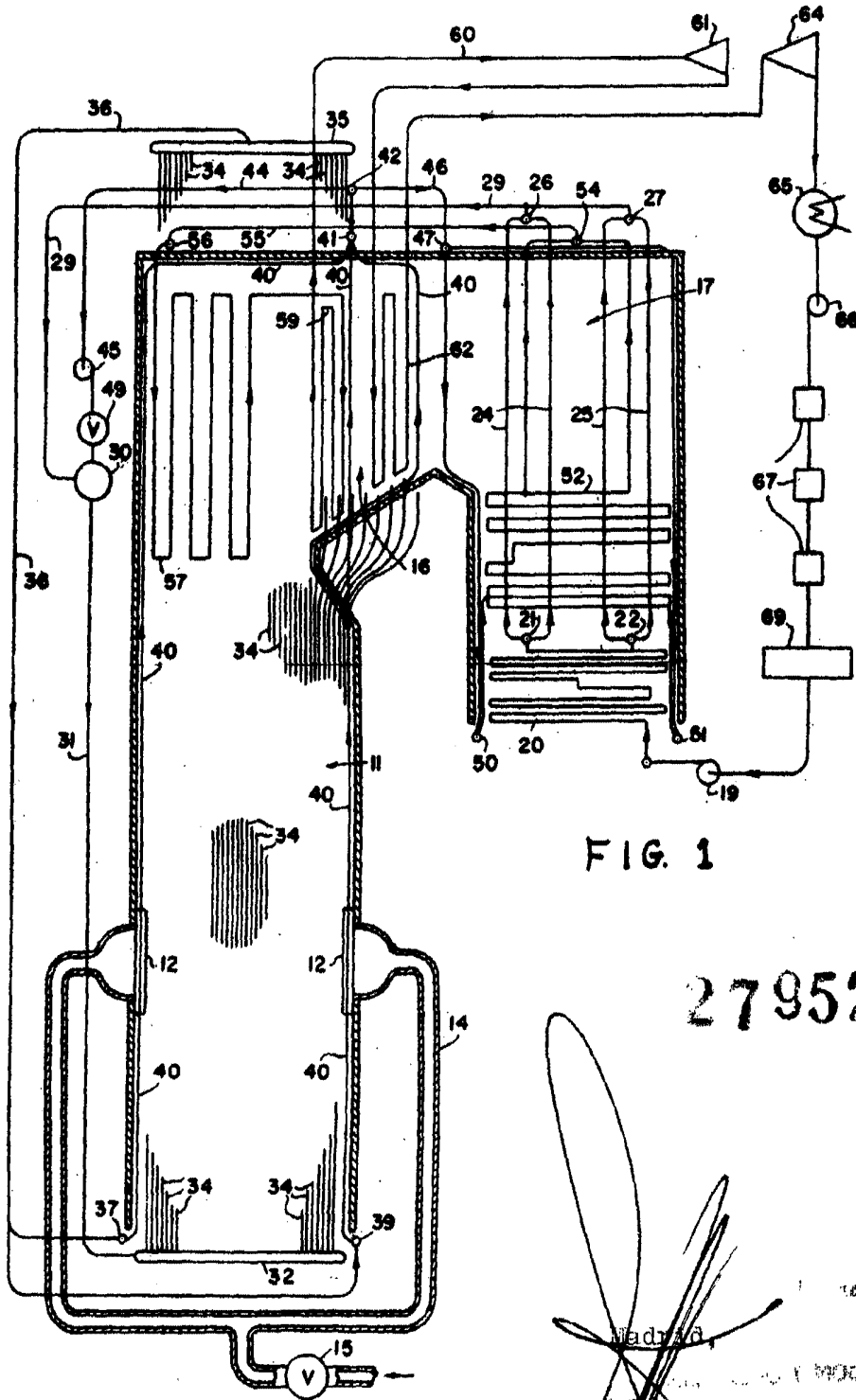


FIG. 1

279528



ESCALA VARIABLE

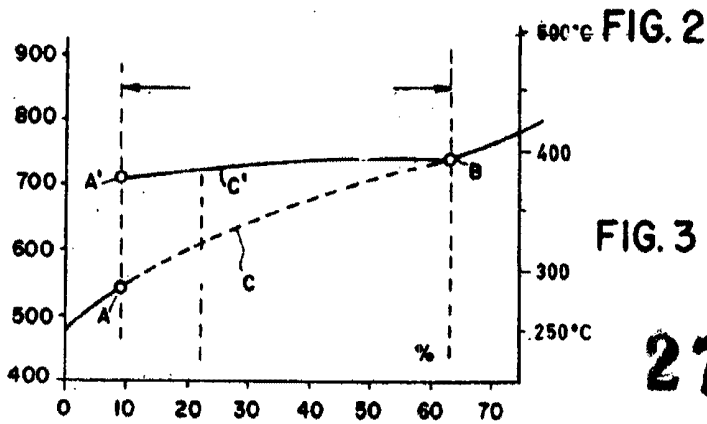
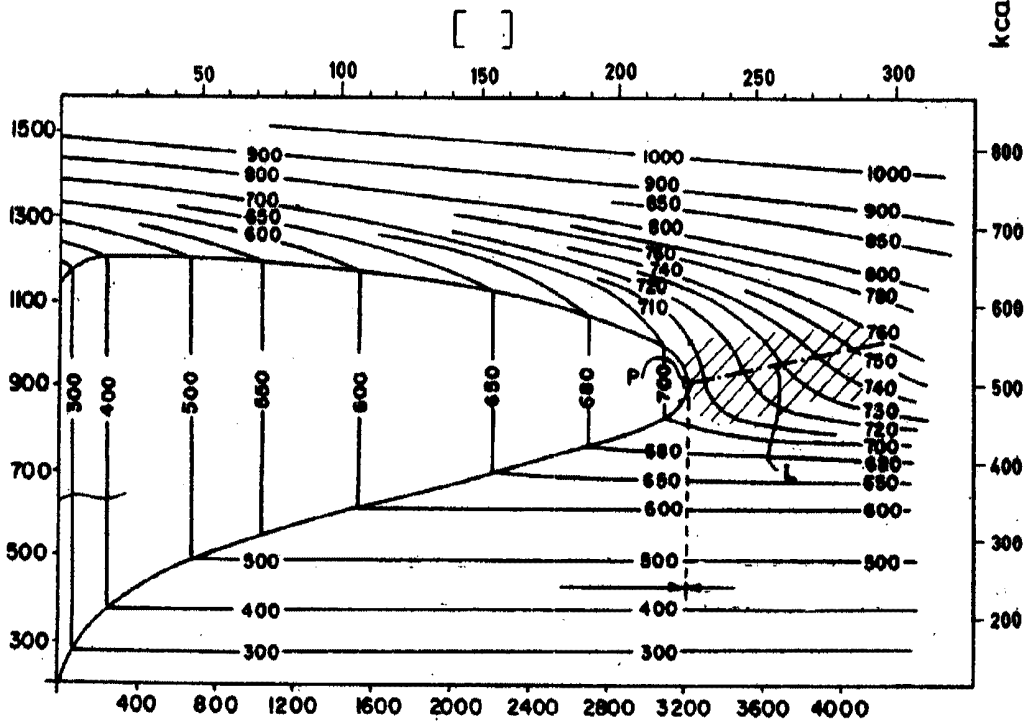


FIG. 2

FIG. 3

279528

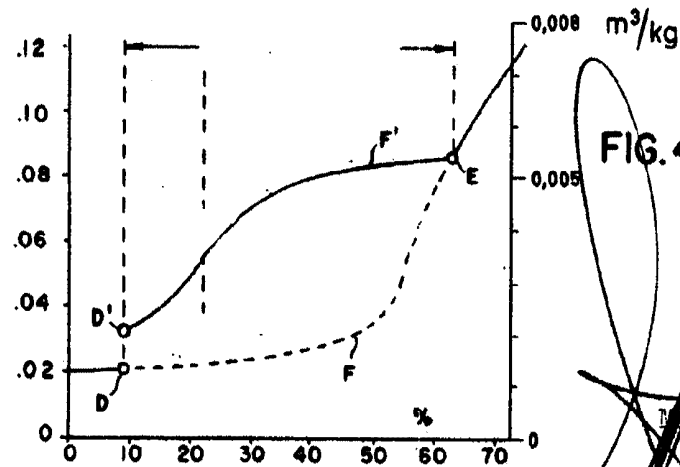


FIG. 4

Madrid,
SULZER FRERES