



Nº 344.714

344714

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: COMBUSTION ENGINEERING, INC.
Domicilio: Prospect Hill Road, WINDSOR, Connecticut, EE. UU.
Emunciado: "UN METODO Y UN DISPOSITIVO GENERADOR DE VAPOR
PARA LA PRODUCCION DE VAPOR".
Prioridad: de la solicitud de patente estadounidense número
578.035 del 8 septiembre 1.966.

IG.

344714



Este invento se refiere a generadores de vapor con recalentamiento de presión supercrítica para operación de cargas variables y en particular a un método y aparato para influir en la temperatura del vapor recalentado.

5 En un generador de vapor con recalentamiento, el fluido a alta presión pasa a través de circuitos primarios que incluyen el economizador, las paredes bañadas de agua y los supercalentadores. El vapor a baja presión, que es recalentado después de su paso a través de una parte de una turbina, pasa a través de la superficie de recalentamiento del vapor. Consideraciones de diseño del
10 generador de vapor dictan generalmente que por lo menos una mayor parte del recalentador sea situada en una posición a distancia de la intensa radiación del horno. Las razones para ello incluyen la necesidad de una carga térmica de baja temperatura, una pobre conductancia del vapor a baja presión con la resultante elevada temperatura
15 en el metal de la tubería, y la ausencia de flujo de vapor a través del recalentador durante partes del arranque de la unidad. En consecuencia, esta superficie está generalmente situada en el conducto que conduce los productos de la combustión desde el horno.

20 Es deseable mantener la temperatura de éste vapor recalentado muy cerca de su valor máximo en cuanto sea posible durante la operación a cualquier carga. Una baja temperatura del vapor recalentado conduce a problemas de excesiva humedad en las paletas de la turbina de baja presión y a un general decrecimiento de la
25 eficacia del ciclo. Es importante por lo tanto regular la temperatura del vapor recalentado a dicho máximo valor a través de toda la gama de cargas.

30 Cuando la carga es disminuida en un generador de vapor, un porcentaje más elevado de calor es inherentemente absorbido en el horno por el calor radiante en tanto que un porcentaje mo-

344714



nor es absorbido por las superficies de convección situadas en el conducto. Por consiguiente, cuando la carga es disminuida el calor absorbido por el recalentador desde el gas tiende a disminuir en relación con el calor absorbido por la sección primaria del horno, por lo que cantidades crecientes de calor deben añadirse al flujo de vapor recalentado si ha de mantenerse su temperatura de vapor. Tal condición queda agravada por la normal característica del ciclo del vapor en que el vapor que ha de ser recalentado es retornado a la caldera a temperaturas más bajas durante la operación a baja carga, debiéndose ésto a la turbina y a las características del ciclo. Por lo tanto, la característica inherente de un generador de vapor no solamente tiende a reducir el calor absorbido por el recalentador sino que el vapor de entrada a temperatura más baja requiere lógicamente que un mayor porcentaje del calor total sea añadido al vapor de recalentamiento para obtener la misma temperatura del vapor a la salida del recalentador.

Se han utilizado intercambiadores térmicos entre el vapor primario y el de recalentamiento para afectar y regular la temperatura del vapor recalentado. Sin embargo, el lado del flujo primario de tales intercambiadores térmicos ha estado en una situación tal que el flujo a través del intercambiador térmico tiende inherentemente a aumentar con una carga incrementada, en tanto decrece con una carga disminuida. Desde luego, ésto es lo contrario de la característica requerida en que el vapor de recalentamiento debe ser calentado más a cargas bajas. Por tanto, un control de estrangulamiento impuesto sobre uno de tales intercambiadores térmicos, al ser lo opuesto de la característica natural, hace que el flujo sea muy difícil de controlar. También éstos intercambiadores térmicos son situados de forma que el efluente desde el lado del fluido primario del intercambiador térmico pase

344714

-2



al supercalentador, siendo tal la temperatura del fluido que sale de la sección aguas arriba de los intercambiadores térmicos que las paredes bañadas de agua deben ser incrementadas para mantener la misma temperatura del supercalentador.

5 En nuestro invento el fluido primario es extraído del recorrido del flujo continuo en una posición aguas abajo de la sección de las paredes bañadas de agua pero aguas arriba del supercalentador. Este fluido es pasado en una relación de intercambio térmico con el flujo de vapor del recalentador y retornado después
10 al recorrido del flujo primario en una posición aguas arriba de las paredes bañadas de agua.

Un objeto del invento es proporcionar un generador de vapor de recalentamiento con características y control mejorados en la temperatura de recalentamiento.

15 Otro objeto es facilitar un método de recalentamiento del vapor en un generador de vapor, en una forma tal que se obtenga una mejorada característica de la temperatura de recalentamiento y una regulación térmica por toda una gama de cargas.

De acuerdo con el invento, se facilita un método
20 de producción de vapor en un generador de vapor que tiene primeras, segundas y terceras superficies de calentamiento, comprendiendo dicho método, en combinación, las operaciones de: (a) establecer un flujo primario en serie a través de dichas primeras y segundas superficies de calentamiento; (b) recircular una parte del indicado
25 flujo primario a través de la referida primera superficie de calentamiento desde una posición intermedia entre dichas primera y segunda superficies de calentamiento hasta una posición inmediatamente aguas arriba de la primera superficie de calentamiento; (c) quemar combustible en intercambio térmico radiante con el flujo en la
30 indicada primera superficie de calentamiento y establecer un flujo de



344714

los gases calientes de la combustión; (d) pasar los gases calientes de la combustión en una relación de intercambio térmico con el flujo primario que pasa a través de la mencionada segunda superficie de calentamiento; (e) establecer un flujo de recalentamiento y pasar dicho flujo de recalentamiento a través de la referida tercera superficie de calentamiento en una relación de intercambio térmico con los gases de la combustión; (f) pasar la parte de recirculación del flujo primario en una relación de intercambio térmico con el citado flujo de recalentamiento en una posición aguas arriba de la tercera superficie de calentamiento con respecto al flujo de recalentamiento; (g) percibir la temperatura del flujo de recalentamiento que sale de dicha tercera superficie de calentamiento; y (h) regular la cantidad de la parte de recirculación del flujo primario como respuesta a la temperatura percibida para controlar la temperatura del flujo de recalentamiento a un valor deseado.

También incluye el invento un generador de vapor que tiene un horno, un conducto para retirar los productos de la combustión del horno, una primera superficie de calentamiento que forra las paredes de dicho horno, una segunda superficie de calentamiento situada en el mencionado conducto, y una superficie de recalentamiento del vapor situada en el referido conducto, comprendiendo además el generador medios para establecer un flujo continuo en serie a través de las indicadas primera y segunda superficies de calentamiento con la primera superficie de calentamiento aguas arriba de la segunda superficie de calentamiento con relación al indicado flujo continuo; medios para transportar el vapor desde la referida segunda superficie de calentamiento hasta un punto de utilización; medios para establecer un flujo de vapor que ha de ser recalentado a través de la indicada superficie de recalentamiento del vapor; un intercambiador térmico que tiene un lado calentado y un lado calen-



344714

tador; medios para pasar el flujo de vapor a recalentar a través del lado calentado de dicho intercambiador térmico en una posición aguas arriba de la superficie de calentamiento del vapor con respecto al flujo del vapor; medios para extraer una primera parte del flujo continuo desde una posición intermedia entre dichas primera y segunda superficies de calentamiento y para pasar dicha primera parte a través del lado calentador del intercambiador térmico; y medios para retornar dicha primera parte desde dicho intercambiador térmico hasta una posición en el recorrido del flujo continuo aguas arriba con respecto al flujo continuo de la indicada primera superficie de calentamiento.

A fin de que el invento pueda comprenderse se describirá ahora con referencia al adjunto dibujo que es un diagrama esquemático de un alzado lateral de un generador de vapor con calentamiento que ilustra nuestro invento.

Un flujo continuo de agua es establecido a través de la tubería de alimentación (2) mediante una bomba de alimentación (que no se muestra) y a través del economizador (4): Este agua pasa después a la vasija mezcladora (6) y desde allí a una bajada (8) y una bomba de recirculación (10). El agua es distribuida a través de los colectores (12) de entrada de las paredes de agua a los tubos (14) que forran las paredes del horno (16).

El agua, al pasar ascendentemente a través de los tubos (14), absorbe calor de los gases del interior del horno (16) y generalmente se encuentra en forma de vapor cuando alcanza el colector (18) de salida de las paredes de agua. El flujo continuo de vapor pasa a través de la tubería (20) al colector (22) de entrada a la pared de vapor enfriado. Desde éste punto el vapor asciende por los tubos (24) que forran las paredes de la parte de conducto (26). El flujo de vapor a través de tales paredes es recogido en el



344714

colector (28) de salida de la pared de vapor enfriado.

El flujo continuo pasa entonces por una tubería (30) para vapor y por la válvula de admisión (32) de la caldera a la superficie de supercalentamiento (34). Esta superficie supercalentadora está compuesta de una pluralidad de tubos paralelos soportados en el interior del conducto (26) del generador de vapor. Dichos tubos son calentados parcialmente por radiación directamente desde el horno y parcialmente por convección debido a los gases que pasan sobre la superficie. El vapor supercalentado pasa después a una turbina de vapor a través del tubo de entrada (36) del supercalentador.

El vapor desde la turbina es retornado al generador de vapor a través de la línea fría (38) de recalentamiento para ser recalentado. Este flujo de vapor frío de recalentamiento pasa a través del lado calentado (40) del intercambiador térmico (42). El vapor es transportado por la tubería (44) de entrada del recalentador a la superficie de calentamiento (46) del recalentador. Dicha superficie de calentamiento comprende una pluralidad de tubos paralelos soportados en el conducto (26). El calentamiento por medio de ésta superficie se realiza principalmente por convección. El vapor de recalentamiento pasa a través de la línea caliente (48) de recalentamiento a una turbina de recalentamiento.

El combustible es suministrado a través de unos quemadores (50) y el aire es suministrado en la misma área general. La combustión se produce en el horno (16) con los productos de la combustión ascendiendo por el horno al conducto (26). Dichos productos de la combustión pasan entonces sobre las superficies del supercalentador (34), del recalentador (46) y del economizador (4). Los gases ascienden después para descargar a través de un calentador de aire (que no se muestra).



344714

Una primera porción del flujo continuo es extraída del circuito de flujo continuo en el colector 18. El flujo es transportado a través de la tubería suministradora (52) de intercambio térmico y de la válvula reguladora (54) al lado de calentamiento (56) del intercambiador térmico (42). Después el flujo es pasado a través de la línea de retorno (58) de intercambio térmico y de la válvula de seguridad (60) a la vasija mezcladora (6). La temperatura del fluido que sale de los tubos (14) de las paredes del horno y que penetra en el colector (18) es del orden de 780° a 800° F. (416° a 427° C.) en toda la gama de cargas del generador de vapor. Esta primera parte de fluido que es extraída y pasada a través del intercambiador térmico es, por lo tanto, del orden de 790°F (421°C) con independencia de la carga a la que esté operando el generador de vapor. Por otra parte, la temperatura del vapor que ha de recalentarse y que es suministrado a través de la línea fría (38) de recalentamiento varía desde 550°F (288°C) a plena carga a 460°F (238°C) a media carga. Por consiguiente, puede verse que el intercambiador térmico (42) transfiere calor desde la primera parte extraída que fluye sobre el lado de calentamiento (56) hasta el vapor de recalentamiento que fluye a través del lado calentado (40). También puede observarse que la diferencia de temperatura aumenta con la disminución de la carga del generador de vapor.

También es de importancia la característica del flujo a través del lado de calentamiento (56) del intercambiador térmico (42). Una bomba de circulación de libre funcionamiento (10) flota sobre el sistema de tal forma que la línea (52) de recirculación es incrementada cuando la carga disminuye sin manipulación de la válvula reguladora (54). Este principio se expone e ilustra en la Patente Norteamericana 3.135.252 concedida a Willburt W. Schroedter. Este aumento de flujo a través del lado calentado (56) del intercam-

344714

-2



biador térmico aumenta la transferencia de calor al vapor de recalentamiento, Ello se debe solo ligeramente al mejorado coeficiente de transferencia térmica. La principal razón de la transferencia incrementada es el hecho de que un elevado flujo a través del intercambiador térmico produce menos reducción de la temperatura que el fluido que pasa a través del intercambiador térmico. Por consiguiente, hacia la salida del intercambiador térmico el fluido de calentamiento tiende a permanecer a una elevada temperatura con lo que se aumenta la temperatura total disponible para la transferencia de calor.

Por lo tanto, puede observarse que con la válvula reguladora (54) omitida o retenida en una posición ampliamente abierta, ésta unidad operará para mejorar la característica de la temperatura de recalentamiento corrigiendo las deficiencias en la temperatura de recalentamiento a bajas cargas, existiendo mas corrección en las cargas más bajas en las que se requiere tal corrección incrementada. Aunque éste sistema puede controlarse manualmente, la realización ilustrada incluye tambien controles para regular automaticamente la temperatura del vapor de recalentamiento hasta el valor deseado.

Un transmisor térmico (62) percibe la temperatura del vapor que sale de la superficie recalentadora (46). La señal indicadora de la temperatura es pasada a través de la línea de control (64) al punto de ajuste (66) donde la misma es comparada con una señal (68) del punto de ajuste que es representativa de la temperatura deseada. Despues de comparadas estas dos señales es pasada una señal de error a través de la línea de control (70) al operador de válvula (72) el cual opera para regular la válvula de admisión (54). La válvula (54) es regulada para ajustar el flujo a través del lado de calentamiento (56) del intercambiador térmico y para controlar en



344714

consecuencia la temperatura dejando la superficie de recalentamiento (46) al valor deseado. La característica natural del flujo primario a través del intercambiador térmico, al estar de acuerdo con las características de transferencia térmica, facilita una buena regulación mediante la válvula de control (54).

5 Aunque la temperatura del vapor recalentado puede ser controlada por éste circuito, la necesidad de la válvula de admisión (54) como respuesta a la temperatura de recalentamiento interfiere con la razón fundamental para instalar la bomba de circulación que se describe en la antes mencionada Patente Norteamericana 3.135.252. Por consiguiente, para obtener la recirculación suficiente para proteger adecuadamente los tubos de agua (14), la línea de recirculación (74) es situada de forma para extraer una segunda porción del flujo continuo desde el colector de salida (28) de la pared de vapor enfriado. Este flujo pasa a través de la válvula de retención (76) y es retornado a la vasija mezcladora (6) en una posición aguas arriba de los tubos (14) de las paredes del horno. La superficie de calentamiento de las paredes (24) de vapor enfriado es intermedia del colector de salida (18) de la pared del horno en que se extrae la primera porción y el colector de salida (28) de la pared de vapor enfriado desde el que es extraída la segunda porción. Mediante el posicionado que se indica de las dos líneas de recirculación, se dispone de más caída de presión entre el colector 18 y la vasija mezcladora para el circuito del intercambiador térmico que para la línea ordinaria de recirculación (74). Esto se debe a la caída de presión del fluido que pasa del colector 18 al colector 28. Esta caída de presión facilita el vencer la resistencia de la tubería en el intercambiador térmico (42). Ello también debe facilitar la recirculación a través del intercambiador térmico incluso aunque el generador de vapor fuese operado a una carga tal que el caudal suminis-

10

15

20

25

30



trado por la bomba de circulación (10) no fuese completamente suficiente para inducir la recirculación desde el colector 28.

5 Como el fluido que pasa a través del intercambiador térmico (42) no es pasado sobre el supercalentador sino más bien es retornado aguas arriba de las paredes de agua, la temperatura del fluido que sale de la pared de agua no necesita ser incrementada para proporcionar dicha capacidad de calentamiento. La temperatura del vapor que sale de las paredes de agua es exactamente la misma que la que penetra en la sección siguiente. El vapor que sale del intercambiador térmico (42) a una temperatura relativamente baja es retornado a una posición aguas arriba de los tubos (14) de las paredes del horno con lo que disminuye la temperatura del fluido que entra en las paredes de agua. Cuando los tubos de las paredes de agua están operando a una temperatura cercana a la máxima de diseño, es clara la ventaja de ésta forma de operación sobre la de un intercambiador térmico situado en serie.

15 Aunque hemos ilustrado y descrito una realización preferida del invento, ha de entenderse que la misma es meramente ilustrativa y no restrictiva, por lo que pueden realizarse variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance del invento. Por lo tanto no se desea quedar limitados a los detalles precisos establecidos sino que se desea aprovechar tales cambios en cuanto caigan dentro del propósito del invento.

20 En resumen, la Patente de Invención que se solicita, recaerá sobre las siguientes:

- REIVINDICACIONES -

1. Un método y un dispositivo generador de vapor para la producción de vapor en un generador de vapor que tiene primeras, segundas y terceras superficies de calentamiento, cuyo método se caracteriza porque comprende, en combinación, las operaciones de (a) esta-

30



blecer un flujo primario en serie a través de dichas primeras y se-
 gundas superficies de calentamiento; (b) recircular una porción de
 dicho flujo primario a través de la primera superficie de calenta-
 miento desde una posición intermedia entre dichas primera y segunda
 5 superficies de calentamiento hasta una posición inmediatamente aguas
 arriba de la primera superficie de calentamiento; (c) quemar combus-
 tible en intercambio térmico radiante con el flujo en dicha primera
 superficie de calentamiento y establecer un flujo de los gases ca-
 lientes de la combustión; (d) pasar los gases calientes de la com-
 10 bustión en una relación de intercambio térmico con el flujo primario
 que pasa a través de la indicada segunda superficie de calentamiento;
 y (e) establecer un flujo de recalentamiento y pasar tal flujo de re-
 calentamiento a través de la mencionada tercera superficie de calen-
 tamiento en una relación de intercambio térmico con los gases de la
 15 combustión; caracterizándose dicho método por las operaciones adicio-
 nales de (f) pasar la porción de recirculación del flujo primario en
 una relación de intercambio térmico con el referido flujo de recalen-
 tamiento en una posición aguas arriba de la tercera superficie de ca-
 lentamiento con respecto al flujo de recalentamiento; (g) percibir la
 20 temperatura del flujo de recalentamiento que sale de dicha tercera
 superficie de calentamiento; y (h) regular la cantidad de la porción
 de recirculación del flujo primario como respuesta a la temperatura
 percibida para controlar la temperatura del flujo de recalentamiento
 a un valor deseado.

25 2. Un método según la Reivindicación 1, que se caracteri-
 za por las adicionales operaciones de aumentar la cantidad de flujo
 primario para aumentar la producción del generador de vapor y simul-
 táneamente disminuir la cantidad de la porción recirculada del flujo
 primario.

30 3. Un método y un dispositivo generador de vapor para



14 OCT. 1966

5 producir vapor en un generador de vapor, caracterizado dicho dispositivo generador de vapor por tener un horno, un conducto para retirar los productos de la combustión del horno, una primera superficie de calentamiento que forra las paredes del horno, una segunda superficie de calentamiento situada en el mencionado conducto, caracterizándose el referido generador por unos medios (10) para establecer un flujo continuo en serie a través de las indicadas primera (14) y segunda (34) superficies de calentamiento con dicha primera superficie de calentamiento aguas arriba de la segunda superficie de calentamiento con relación al indicado flujo continuo; medios para transportar el vapor desde la segunda superficie de calentamiento hasta un punto de utilización; medios para establecer un flujo de vapor a recalentar a través de la mencionada superficie recalentadora del vapor (46); un intercambiador térmico (42) que tiene un lado calentado (40) y un lado de calentamiento (56); medios (38) para pasar el flujo del vapor a recalentar a través del lado calentado del intercambiador térmico en una posición aguas arriba de la superficie recalentadora (46) con respecto al flujo del vapor; medios para extraer una primera porción del flujo continuo desde una posición (18) intermedia de dichas primera y segunda superficies de calentamiento y para pasar dicha primera porción a través del lado de calentamiento (56) del intercambiador térmico; y medios (58, 6 y 8) para retornar dicha primera porción desde el intercambiador térmico a una posición en el recorrido del flujo continuo aguas arriba con respecto al flujo continuo de dicha primera superficie de calentamiento.

4. Un dispositivo generador de vapor según la Reivindicación 3, que se caracteriza por el hecho de que la mencionada superficie de recalentamiento del vapor (46) está situada aguas abajo de la segunda superficie de calentamiento (34) con respecto al flujo de los productos de la combustión.

344714

14 OCT



5. Un dispositivo generador de vapor según las Reivindicaciones 3 ó 4, que se caracteriza por unos medios reguladores (54) para regular la cantidad de dicha primera porción extraída del recorrido del flujo continuo.

5

6. Un dispositivo generador de vapor según las Reivindicaciones 3, 4 o 5, que se caracteriza por unos medios (28 y 74) para extraer una segunda porción del flujo continuo desde una posición intermedia entre dichas primera y segunda superficies de calentamiento, y medios (6 y 8) para retornar dicha segunda porción directamente a una posición aguas arriba de la primera superficie de calentamiento (14) con respecto al flujo continuo.

10

15

7. Un dispositivo generador de vapor según la Reivindicación 6, que se caracteriza por el hecho de que dichos medios (8) para retornar la primera porción y la referida segunda porción, incluyen una bomba centrífuga (10) de funcionamiento libre en una posición tal que el flujo a través de la bomba sea común para dichas primera y segunda porciones de flujo.

20

8. Un dispositivo generador de vapor según las Reivindicaciones 6 o 7, que se caracteriza por una tercera superficie de calentamiento (24) intermedia entre las primera y segunda superficies de calentamiento con respecto al flujo continuo; extrayéndose la mencionada primera porción desde una posición aguas arriba de la tercera superficie de calentamiento; y extrayéndose la segunda porción desde una posición aguas abajo de la tercera superficie de calentamiento.

25

9. Un dispositivo generador de vapor según la Reivindicación 8, que se caracteriza por el hecho de que dicha tercera superficie de calentamiento (24) comprende tubos que forran las paredes de por lo menos una parte del indicado conducto (26).

30

10. Un dispositivo generador de vapor según las Reivin-



5 dicaciones 8 o 9, que se caracteriza por una cuarta superficie de calentamiento (4) situada en dicho conducto (26) en una posición aguas abajo de la mencionada superficie de recalentamiento del vapor (46) con respecto al flujo del gas; estando dicha cuarta superficie de calentamiento aguas arriba de la primera superficie de calenta-
10 miento con respecto al flujo continuo.

11. Un dispositivo generador de vapor según cualquiera de las Reivindicaciones 5 a 10, que se caracteriza por unos medios (62) para determinar la temperatura del vapor que sale de la mencio-
15 nada superficie de recalentamiento (46); siendo los mencionados me-
dios (54) para regular el flujo de la primera porción sensibles a los citados medios para determinar la temperatura.

12. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "UN METODO Y UN DIS-
20 POSITIVO GENERADOR DE VAPOR PARA LA PRODUCCION DE VAPOR".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presen-
te Memoria descriptiva que consta de quince páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 2 de Septiembre de 1.967

20

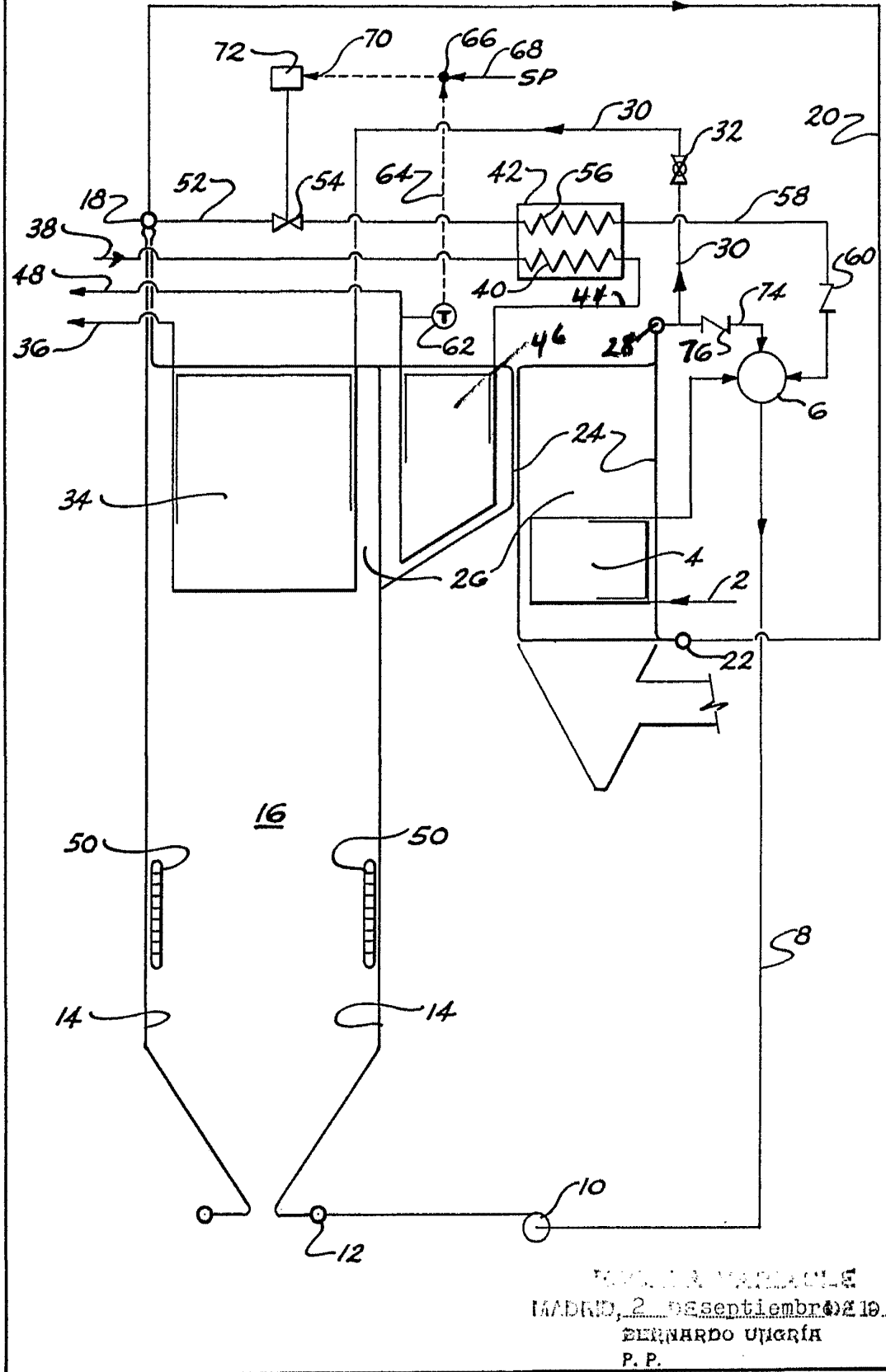
BERNARDO UNGRIA

P.P.

25

30

344714



MADRID, 2 de Septiembre de 1957
 BERNARDO UJERÍA
 P. P.