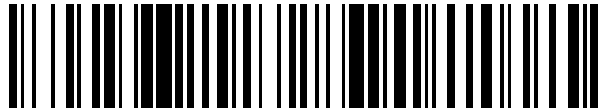


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 468 091**

21 Número de solicitud: 201331588

51 Int. Cl.:

F01K 23/00 (2006.01)

F03G 6/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

30.10.2013

30 Prioridad:

06.11.2012 IT MI2012A001883

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.06.2014

71 Solicitantes:

ITALCEMENTI S.P.A. (100.0%)

Via G. Camozzi, 124

24121 - Bergamo IT

72 Inventor/es:

CINTI, Giovanni y

DONATI, Andrea

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

54 Título: **Procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica y aparato correspondiente**

57 Resumen:

Procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica y aparato correspondiente, integrando la recuperación de calor residual de una instalación para la producción de clínker y la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP), que prevé las siguientes etapas:

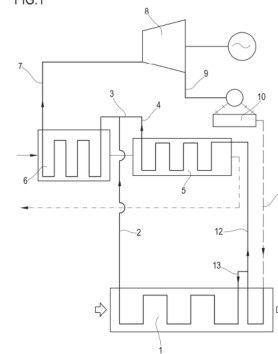
a1) recuperar el calor residual de los gases de proceso alimentando con los gases de proceso un ciclo Rankine;

a2) producir un posterior vapor saturado en las mismas condiciones de temperatura y presión de a1), mediante el calor generado en la instalación CSP;

b) mezclar el flujo de vapor saturado de las etapas a1) y a2) y sobrecalentar la mezcla;

c) alimentar una turbina de condensación con el flujo de vapor sobrecalentado y expandir el mismo vapor con generación de energía eléctrica.

FIG.1



ES 2 468 091 A2

DESCRIPCIÓN

Procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica y aparato correspondiente.

5

La presente invención se refiere a un procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica y a un aparato correspondiente.

Más en particular, la presente invención se refiere a un procedimiento original e innovador para mejorar la recuperación de energía eléctrica, aplicado a un proceso para la producción de clínker.

El proceso de producción de clínker y por tanto, de cemento prevé industrialmente una serie de etapas conectadas y sucesivas. La etapa de cocción de las materias primas es la etapa que caracteriza principalmente todo el proceso de producción.

15

La etapa de cocción va precedida por las etapas de extracción de las materias primas de la cantera, mezcla de las materias primas en proporciones adecuadas para obtener la mezcla cruda de clínker para cemento y va seguida de la etapa de molienda de clínker con correctores de composición tales como yeso, cal, escoria y puzolana.

20

A lo largo del tiempo, el ciclo tecnológico en su conjunto y, en modo particular, la etapa de cocción han experimentado dos transformaciones principales: la primera tiene que ver con el proceso en sí. Se ha pasado, de hecho, de una tecnología denominada "por vía húmeda", en la que la mezcla cruda se alimentaba al horno en forma de fango acuoso, a una tecnología "por vía semiseca", en la que la mezcla cruda se alimentaba al horno en forma de gránulos obtenidos añadiendo una cantidad limitada de agua a la mezcla cruda molida en seco, para llegar después a la tecnología actual denominada "por vía seca", en la que la mezcla cruda se alimenta al horno en forma de polvos.

30

La presente invención se refiere precisamente al proceso en seco para la producción de clínker.

Como se ha indicado anteriormente, en el ámbito del proceso en seco, las materias primas (caliza y arcilla), finamente molidas y homogeneizadas en una instalación de molienda, se introducen desde arriba en una torre de ciclones en la que la harina cruda

35

se calienta hasta una temperatura de aproximadamente 1000°C, aprovechando el contenido de energía térmica de los gases procedentes del horno.

5 La torre de ciclones está constituida normalmente por 4 ó 5 ciclones, en los que el sólido y las fases gaseosas entran en contacto íntimo dando lugar a un intercambio térmico muy eficiente. Como se ha indicado anteriormente, la etapa de cocción de las materias primas es la etapa que caracteriza principalmente todo el proceso de producción y la evolución más reciente de esta etapa de cocción tiene que ver con la introducción del calcinador. En el calcinador, que está constituido por una cámara vertical instalada entre el horno y la
10 torre de ciclones, se produce la entrada de la mayor parte de la energía necesaria para el proceso, la energía necesaria para el calentamiento y la descarbonatación de la caliza contenida en la mezcla cruda. Se trata de un verdadero reactor en el que se produce la reacción de descarbonatación casi por completo y en el que la energía térmica se proporciona sustancialmente desde un quemador.

15 Según el número de ciclones que constituyen la torre de ciclones, la temperatura de los gases en la salida varía de 300°C a 350°C. Tal residual contenido de energía térmica de los gases procedentes del horno y que han atravesado la torre de ciclones se usa en la instalación de molienda de la materia prima para desecar los componentes, eliminando la
20 humedad naturalmente asociada a las materias primas que van a molerse.

Antes de entrar en la instalación de molienda de la materia prima, los gases se enfrían normalmente en una torre de acondicionamiento para alcanzarla temperatura óptima (150–250°C).

25 Normalmente los gases a la salida de la torre de ciclones presentan un contenido en oxígeno igual al 3% aproximadamente y un contenido en CO₂ igual al 20/30% aproximadamente (CO₂ que procede de la oxidación del combustible y de la descomposición de la caliza).

30 También cuando la torre de ciclones está dotada de un último ciclón con el objetivo de eliminar los polvos, el contenido en polvos en los gases alcanza aproximadamente 60 g/Nm³.

35 La harina cruda, al abandonar la caliza, entra en el horno giratorio, en el que se forman los constituyentes fundamentales del clínker, es decir silicatos y aluminatos de calcio. De

hecho, gracias al combustible introducido en la cabeza del horno, el material bruto alcanza la temperatura de 1400/1500°C suficiente para la producción de clínker. La ligera inclinación del horno combinada con su lenta rotación permite trasladar la masa del material de la entrada a la salida del horno.

5

El clínker producido, a la salida del horno, cae sobre una rejilla agujereada móvil que transporta el material, mientras lo enfría con un flujo de aire fresco a temperatura ambiente. Una parte del aire de enfriamiento, precalentado por el clínker caliente, se emplea después como aire comburente del combustible introducido en el horno (aire secundario) y en el calcinador (aire terciario).

10

El clínker a la temperatura de 80/100°C se envía al almacenamiento para después molerse y mezclarse con los aditivos necesarios para obtener un cemento de la calidad deseada.

15

Una cantidad considerable de aire procedente del enfriamiento del clínker, a una temperatura de aproximadamente 300°C, no puede reutilizarse como aire comburente en el proceso y está por tanto disponible para la recuperación del calor residual o puede liberarse a la atmósfera, previa eliminación de polvos mediante filtros adecuados.

20

El contenido de humedad de las materias primas desempeña un papel determinante en la gestión de los flujos de calor y por tanto en la posibilidad de prever y realizar una recuperación de calor de los humos de escape con el objetivo de producir energía.

25

Efectivamente, en el caso de materias primas que presentan una humedad elevada, el calor de los gases procedentes de la torre de ciclones y de la etapa de enfriamiento del clínker se utiliza, respectivamente, en la instalación de molienda de la harina cruda y en la instalación final de molienda del cemento, precisamente para mantener bajo control el contenido de humedad de la harina cruda y del cemento.

30

Por consiguiente, la cantidad de calor recuperado del proceso de producción de clínker aumenta o disminuye en función de la humedad de las materias primas que se alimentan a la instalación de molienda.

Además cabe recordar que las condiciones de los gases de proceso pueden variar al variar la cantidad de clínker producido en el horno y al variar la composición y las características de las materias primas.

- 5 Considerando además la gran cantidad de polvos en los gases, uno de los aspectos más críticos en la recuperación del calor residual es la capacidad de separar y eliminar los polvos de los gases.

La separación de los polvos se produce por gravedad en el cuerpo del intercambiador de calor por lo que debe prestarse una gran atención también al diseño de los dispositivos de intercambio térmico a fin de evitar la acumulación de polvos y no perjudicar la transferencia de calor.

Por consiguiente, cada espacio en el que los polvos podrían acumularse debe dotarse de tolvas y de dispositivos de evacuación, tales como válvulas dobles o válvulas giratorias, adaptadas para descargar el sólido, manteniendo al mismo tiempo el sistema sellado. Esto es fundamental porque todo el sistema, que constituye la línea de combustión, se mantiene a presión negativa. Por el mismo motivo todas las envolturas de los diversos elementos y los conductos deben realizarse herméticos.

20

El diseño del sistema de recuperación del calor residual debe efectuarse por tanto tomando como base la composición, capacidad y temperatura del flujo de gas disponible y conociendo la cantidad de calor necesaria en las diversas instalaciones de molienda.

- 25 La recuperación del calor residual de los gases de proceso y la generación de energía es una práctica común en la industria del cemento.

El objetivo de tal práctica es sustancialmente el siguiente: reducir el consumo de energía mediante la conversión del calor sobrante, que debería liberarse alternativamente a la atmósfera, en energía eléctrica.

30

El modo más común para realizar tal objetivo es instalar a la salida del horno y del enfriador un intercambiador de calor de haz de tubos y carcasa, adaptado para generar vapor de agua ligeramente sobrecalentado que va a expandirse después en una turbina de condensación acoplada a un generador eléctrico.

35

Como se conoce, el vapor de agua durante la expansión tiende a condensarse parcialmente y las gotas que se forman, atravesando la turbina, pueden dañar las palas. Por este motivo el vapor se sobrecalienta lo más posible y la expansión del vapor se regula de modo que no se incremente excesivamente la proporción del condensado en el vapor.

El bajo rendimiento de los ciclos de vapor saturado depende principalmente del nivel de temperatura al que está disponible el calor procedente de la línea de combustión. En general la baja temperatura de los humos perjudica el rendimiento termodinámico. Además la escasa eficiencia del ciclo hace necesario disipar una ingente cantidad de calor a temperatura ambiente recurriendo a costosos y voluminosos equipos.

Los procedimientos del estado de la técnica presentan por tanto los mencionados inconvenientes.

El solicitante ha descubierto por tanto sorprendentemente un procedimiento integrado para la recuperación de calor residual de una instalación para la producción de clínker y generación de energía eléctrica, que permite superar los inconvenientes de los procesos según el estado de la técnica y puede aplicarse también directamente en el lugar de producción de clínker e integrarse en instalaciones de producción de clínker ya existentes.

Es objetivo de la presente invención llegar a un procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica mediante la integración del calor residual recuperado de una instalación para la producción de clínker y del calor generado en una instalación de concentración solar (CSP).

En particular, la integración de la tecnología de concentración solar (conocida en inglés como CSP, *Concentrating Solar Power*) con el proceso tradicional de recuperación del calor residual, ha permitido sorprendentemente conseguir condiciones óptimas para el funcionamiento de una instalación de generación de energía eléctrica de alto rendimiento, por tanto adecuada para generar energía eléctrica mediante la combinación de calor residual recuperado del proceso de producción de clínker y de calor generado de la radiación solar.

Una instalación CSP consiste principalmente en diversos módulos solares de concentración diseñados para recuperar el calor de la radiación solar, calentando un fluido diatérmico que recorre el interior de un receptor.

5 La transferencia de calor tiene lugar por la radiación entre el sol y la superficie del receptor. La irradiación del receptor se mejora mediante la adopción de espejos y lentes destinados a concentrar los rayos solares sobre una pequeña superficie del receptor. El factor de concentración es igual a la proporción entre la superficie irradiada de los espejos y la superficie sobre la que se concentra la irradiación.

10

Un fluido diatérmico primario, que circula en el interior del receptor, se calienta y lleva el calor generado de la concentración de los rayos solares. El fluido diatérmico primario transfiere el calor a un fluido secundario, que normalmente es el fluido motor de un ciclo Rankine de vapor de agua. En algunos casos puede preverse la interposición de un
15 tercer fluido diatérmico, mientras que hay también algunas tecnologías que permiten el calentamiento directo y la vaporización en el receptor.

El fluido diatérmico primario normalmente usado se elige según la temperatura máxima de trabajo, entre aceite sintético, sales fundidas de metales alcalinos o aire. Gracias
20 además a los recientes desarrollos de los dispositivos de concentración (espejos y lentes) es posible alcanzar temperaturas superiores a los 600°C.

Las instalaciones CSP están dotadas normalmente de un acumulador de calor en el que es posible acumular durante varias horas el calor solar generado. Tal aspecto es
25 particularmente interesante allí donde esté presente la necesidad de maximizar la producción de energía eléctrica en determinadas horas del día o cuando sea importante mantener constante la producción de energía.

Cuando el acumulador de calor es suficientemente grande, es posible mantener en
30 servicio continuo el turbogenerador y generar así la energía eléctrica día y noche.

Esto permite también realizar un procedimiento y una instalación aún más interesantes desde un punto de vista ecológico y económico.

35 De manera más precisa, es un primer objeto de la presente invención un procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica mediante la integración de la

recuperación de calor residual de una instalación para la producción de clínker y de la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP), que prevé las siguientes etapas:

- 5 a1) recuperar el calor residual de los gases de proceso alimentando con los gases de proceso un ciclo Rankine en el que el fluido motor es agua y vapor de agua con producción de vapor saturado a una temperatura comprendida entre 250 y 275°C y a una presión comprendida entre los 40 y 60 bar;
- 10 a2) producir un posterior vapor saturado en las mismas condiciones de temperatura y presión de a1) mediante el calor generado en la instalación CSP;

b) mezclar el flujo de vapor saturado procedente de las etapas a1) y a2) y sobrecalentar la mezcla a una temperatura comprendida entre 500 y 520°C;
- 15 c) alimentar una turbina de condensación con el flujo de vapor sobrecalentado a una presión entre 40 y 60 bar de presión y a una temperatura entre 500 y 520°C, procedente de la etapa b), y expandir el mismo vapor con generación de energía eléctrica.
- 20 El procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica mediante la integración de la recuperación de calor residual de una instalación para la producción de clínker y de la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP), realiza así la recuperación del calor residual mediante un ciclo Rankine de vapor.
- 25 La particularidad de la tecnología CSP para generar calor a alta temperatura se utiliza para mejorar el rendimiento del proceso de transformación del calor en energía eléctrica. El calor generado en los módulos solares se suma, de hecho, al calor recuperado de los gases de proceso procedentes de la línea de producción de clínker, contribuyendo a aumentar la producción de energía eléctrica y la eficiencia global de la generación de
30 energía eléctrica.

En general, la eficiencia de la generación de energía se ve afectada por el nivel de temperatura a la que se pone a disposición el calor residual del proceso industrial y por el grado de sobrecalentamiento del vapor al entrar en el turbogenerador. En principio,
35 cuanto más baja es la temperatura de la fuente de calor residual, más baja es la eficiencia de la transformación. Con la disponibilidad de una fuente de calor de

aproximadamente 600°C, como la de la instalación CS P, el rendimiento termodinámico puede mejorarse notablemente, respecto a una generación que aprovecha exclusivamente el calor residual de una instalación de producción de clínker.

5 Precisamente, el procedimiento según la presente invención presenta un rendimiento termodinámico del 20/25%.

La presente invención se refiere también a un aparato para la implementación del procedimiento integrado según la presente invención.

10

En particular, el procedimiento integrado y el aparato según la presente invención permiten optimizar tal recuperación de calor residual y de calor procedente de la instalación solar, llevando a un mayor incremento de la eficacia global del sistema integrado, respecto a la simple suma de las dos.

15

Un objetivo ulterior de la presente invención es proporcionar un aparato para la generación de energía eléctrica mediante integración de un sistema para la recuperación de calor residual de los gases de proceso de una instalación para la producción de clínker y de un sistema para la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP), caracterizado porque dicho aparato prevé una primera caldera, apta para generar vapor saturado empleando como fuente de calor los gases de proceso de una instalación para la producción de clínker, y una segunda caldera, apta para generar vapor saturado empleando como fuente de calor el aire caliente producido en una instalación para la concentración solar (CSP), estando conectadas ambas calderas con un elemento sobrecalentador, apto para sobrecalentar las dos corrientes premezcladas de vapor saturado procedentes de dichas calderas. Se envía desde el elemento sobrecalentador la corriente de vapor sobrecalentado, mediante conexión oportuna, a una turbina de condensación.

20

25

30

En el aparato según la presente invención, el fluido de transporte coincide con el fluido motor del ciclo Rankine y está constituido por vapor saturado, en parte generado por un sistema para la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP) y en parte por un sistema de recuperación de calor mediante la utilización de los gases de proceso de la línea de producción de clínker. Tales dos flujos de vapor saturado, generados independientemente y en ubicaciones que pueden ser también muy

35

calor a alta temperatura que se pone a disposición por la CSP. Tal vapor sobrecalentado a la temperatura de aproximadamente 500/520°C, es por tanto el fluido motor de una turbina de condensación para la generación de energía eléctrica. El vapor consumido, una vez que ha cedido su energía a la turbina, se somete al proceso de condensación en un intercambiador de superficie con extracción del calor de condensación mediante el aire ambiente. La condensación producida se recupera reintroduciéndola en el ciclo, previa degasificación y reintegración de las pérdidas.

El procedimiento integrado y el aparato según la presente invención está representado en la figura 1.

La figura 1 es una representación esquemática del proceso y el aparato según la presente invención.

Con referencia a la figura 1, la caldera 1 para la recuperación del calor residual de los gases de proceso, colocada próxima a la fuente de calor residual del proceso a baja temperatura, genera vapor saturado a 40/60 bar y 250/275°C. Mediante la línea 2 se alimenta la línea 3 con el vapor, en la que se mezcla con el vapor que llega a través de la línea 4 y que se produce en la caldera 5, colocada próxima a la instalación CSP en la que hay disponible calor a alta temperatura.

De esta manera se mezclan los dos flujos de vapor y el vapor saturado que, a través de la línea 3, llega al sobrecalentador 6, se sobrecalienta a 500/520°C y se alimenta a través de la línea 7 en la turbina 8 de condensación donde se expande, generando energía.

El vapor consumido liberado por la turbina 8 a 0,1/0,15 bar de presión absoluta, se envía mediante la línea 9 a un condensador 10 en seco y después se bombea a través de la línea 11 a la caldera 1 para precalentarlo.

Tal etapa prevé un preeconomizador alimentado con todo el condensado procedente del condensador 10, un desaireador que utiliza una pequeña cantidad de vapor para eliminar las trazas de oxígeno y gases solubles y un economizador que lleva la temperatura del condensado hasta aproximadamente 240/260°C (no mostrados detalladamente en la figura, pero reagrupados en el primer elemento de la caldera).

Desde aquí, a través de las líneas 12 y 13, el condensado precalentado se envía respectivamente a las calderas 5 y 1 donde vuelve a empezar el ciclo.

5 Con el objetivo de ilustrar mejor la invención se proporciona el siguiente ejemplo que ha de considerarse con fines ilustrativos y no limitativos de la misma.

Ejemplo 1

10 Integración CSP/Ciclo Rankine de vapor- Ejemplo numérico realizado en el establecimiento de Ait Baha

La integración de la tecnología CSP con un ciclo Rankine de vapor de agua prevé el uso de un ciclo Rankine normal con vapor como fluido motor.

15 El vapor se genera en dos calderas diferentes: una próxima a la fuente del calor de proceso procedente de la instalación de producción de clínker, a baja temperatura, y una próxima a la instalación CSP en la que hay disponible calor a alta temperatura.

20 Ambas calderas generan vapor saturado a la misma presión, mientras está presente un elemento sobrecalentador próximo a la instalación CSP que permite sobrecalentar toda la cantidad de vapor generado.

25 Esto es muy importante porque el nivel de temperatura al que el calor de proceso está disponible no permite superar una temperatura del vapor saturado de 265°C, que corresponde a una presión de 50 bar. Un vapor saturado con tales características no permite obtener una buena eficiencia porque, apenas se expande en la turbina, una parte notable del mismo se condensa y esto impide conseguir una eficiencia elevada.

30 En cambio, la instalación CSP pone a disposición una fuente de calor a más de 600°C, es decir a una temperatura que permite sobrecalentar la mezcla de vapor procedente de ambas calderas a una temperatura de aproximadamente 500°C, temperatura estándar para este tipo de aplicaciones.

35 Más en detalle, el sistema de recuperación del calor residual está compuesto por un preeconomizador alimentado con todo el condensado procedente del condensador de aire, un desaireador que utiliza una pequeña cantidad de vapor para eliminar las trazas

de oxígeno y gases solubles y un economizador que lleva la temperatura del condensado hasta aproximadamente 255°C.

5 Después del economizador, el flujo de condensado se ha dividido. Con una parte se ha alimentado la caldera próxima a la fuente de calor de proceso a baja temperatura (o evaporador 1 en la figura 2) y con una parte se ha alimentado la caldera (o evaporador 2 en la figura 2) próxima a la instalación CSP.

10 Ambas calderas producen vapor saturado a la misma presión y temperatura: 50 bar y 265°C.

15 El vapor generado por la caldera alimentada con gases de proceso se ha enviado al sobrecalentador, previa reagrupación con el vapor saturado procedente de la caldera CSP.

Los dos flujos de vapor saturado se han reunido y sobrecalentado hasta la temperatura de aproximadamente 500°C.

20 El vapor sobrecalentado a 50 bar de presión y 500°C de temperatura se ha alimentado a la turbina de condensación donde se ha expandido generando energía (12.973 kW).

25 El vapor consumido liberado por la turbina a aproximadamente 0,1 bar de presión absoluta, se ha condensado en un condensador en seco y bombeado de nuevo a las calderas.

30 Sólo es necesaria una pequeña cantidad de condensado limpio para completar el vapor perdido durante el ciclo de transformación. El vapor consumido se condensa mediante el simple aporte de aire ambiente que fluye a través de los bancos del condensador en seco.

35 Según las estimaciones efectuadas, la eficiencia media neta de una instalación CSP integrada con la recuperación de calor residual de una línea de producción de clínker es igual a aproximadamente el 23% y el número de horas de funcionamiento a pleno régimen es de aproximadamente 5000/año.

El efecto combinado del calor adicional recuperado a partir del CSP y el aumento de temperatura al entrar en el sistema de generación permiten aumentar la producción de energía y la eficiencia global del ciclo termodinámico.

- 5 La figura 2 reproduce un esquema del proceso con los números anteriormente señalados en relación con la recuperación de calor residual de los gases de proceso con integración de la recuperación de calor procedente de una instalación CSP.

De manera más precisa, en el economizador (EC en la figura 2) tiene lugar una
10 recuperación térmica de los gases de proceso igual a 3850 kW, en el evaporador 1 (EV1 en la figura 2) tiene lugar una recuperación térmica de los gases de proceso igual a 3725 kW, en el evaporador 2 (EV2 en la figura 2) tiene lugar una recuperación térmica de CSP igual a 3056 kW, en el sobrecalentador (SUR en la figura 2) tiene lugar una recuperación térmica de CSP igual a 2521 kW y en el turbogenerador y el condensador (TG y C en la
15 figura 2) se generan 12.973 kW de energía eléctrica (donde la potencia eléctrica bruta es igual a 3500 kW, los auxiliares son iguales a 500 kW, la potencia eléctrica neta es igual a 3000 kW, con una eficiencia neta global igual al 23%).

El balance térmico del proceso reproducido en la figura 2 es el siguiente:

20

calor total disponible	13153 kW
calor recuperado	12973 kW
disipación	180 kW.

25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento integrado para la generación de energía eléctrica mediante la integración de la recuperación de calor residual de una instalación para la producción de clínker y de la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP), caracterizado porque prevé las siguientes etapas:

a1) recuperar el calor residual de los gases de proceso alimentando con los gases de proceso un ciclo Rankine, en el que el fluido motor es agua y vapor de agua con producción de vapor saturado a una temperatura comprendida entre 250 y 275°C y a una presión comprendida entre 40 y 60 bar;

a2) producir un posterior vapor saturado en las mismas condiciones de temperatura y presión de a1), mediante el calor generado en la instalación CSP;

b) mezclar el flujo de vapor saturado procedente de las etapas a1) y a2) y sobrecalentar la mezcla a una temperatura comprendida entre 500 y 520°C;

c) alimentar una turbina de condensación con el flujo de vapor sobrecalentado a una presión comprendida entre 40 y 60 bar de presión y a una temperatura comprendida entre 500 y 520°C, procedente de la etapa b), y expandir el mismo vapor con generación de energía eléctrica.

2. Aparato para la generación de energía eléctrica mediante la integración de un sistema para la recuperación de calor residual de los gases de proceso de una instalación para la producción de clínker y de un sistema para la recuperación de calor de una instalación para la concentración solar (CSP), caracterizado porque dicho aparato prevé una primera caldera, apta para generar vapor saturado empleando como fuente de calor los gases de proceso de una instalación para la producción de clínker, y una segunda caldera, apta para generar vapor saturado empleando como fuente de calor el aire caliente producido en una instalación para la concentración solar (CSP), estando conectadas ambas calderas con un elemento sobrecalentador, apto para sobrecalentar las dos corrientes premezcladas de vapor saturado procedentes de dichas calderas, siendo enviada desde dicho elemento sobrecalentador la corriente de vapor sobrecalentado, mediante la conexión oportuna, a una turbina de condensación.

3. Aparato según la reivindicación 2, caracterizado porque los dos flujos de vapor saturado son generados independientemente y en ubicaciones incluso muy distantes.

4. Aparato según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, caracterizado porque se prevé,
5 aguas abajo de la turbina de condensación, un preeconomizador alimentado con el condensado procedente de la turbina de condensación, un desaireador alimentado con el flujo de salida del preeconomizador y un economizador apto para precalentar el condensado, antes del reciclado del condensado así tratado a ambas calderas del aparato.

10

FIG.1

