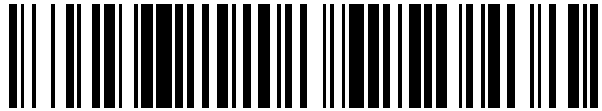


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 784**

51 Int. Cl.:

**C01B 3/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2009 E 09815680 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2349921**

54 Título: **Planta de cogeneración de combustible metálico**

30 Prioridad:

**26.09.2008 IT MO20080249**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**17.10.2013**

73 Titular/es:

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MODENA E  
REGGIO EMILIA (100.0%)**

**Via Università 4  
41121 Modena, IT**

72 Inventor/es:

**MILANI, MASSIMO;  
MONTORSI, LUCA y  
FRANZONI, FEDERICA**

74 Agente/Representante:

**BELTRÁN , Pedro**

**ES 2 425 784 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

## PLANTA DE COGENERACIÓN DE COMBUSTIBLE METÁLICO

## Campo Técnico

La presente invención hace referencia a una planta de cogeneración de combustible metálico.

## 5 Estado de la Técnica

Es conocido que, en vista de la creciente demanda de energía, el sector de generación de energía está constantemente buscando fuentes innovadoras que tengan un impacto medioambiental bajo y que no conlleven problemas en el suministro de combustible.

10 En este campo, una investigación que utiliza la reacción de oxidación en agua de combustibles metálicos para generar hidrógeno diseñado para suministrar motores tales como pilas de combustible se ha estado desarrollando durante mucho tiempo, puesto que el hidrógeno es una fuente de energía no contaminante y renovable. Los combustibles metálicos utilizados para obtener esta reacción están generalmente basados en aluminio.

15 De hecho, es conocido que el aluminio puro en el estado sólido/líquido, en la presencia de un oxidante líquido con base de agua, desarrolla, ya en condiciones ambientales, una reacción de oxidación que rápidamente alcanza las condiciones de temperatura requeridas para mantener la reacción óptima:



20 Según la reacción de la fórmula (1), también conocida como reacción de disociación del agua, el aluminio puro reacciona con el agua para convertirse en hidrógeno gaseoso y alúmina en el estado sólido y líquido; esta reacción está acompañada por la generación de calor (aproximadamente 230 kcal por mol de Al), siendo altamente exotérmica.

25 La dificultad en la aplicación industrial de la reacción (1) consiste en que al contacto con el aire el aluminio se oxida, y por lo tanto los artículos de aluminio se recubren de una delgada película protectora que inhibe la reacción con el agua.

Por lo tanto, se han estudiado varias soluciones con el fin de convertir el aluminio en inerte respecto del aire, con el fin de inhibir la formación de la película de óxido, o para obtener su eliminación directamente en el agua, para permitir la reacción de combustión y la consiguiente formación de hidrógeno.

30 Por ejemplo, es conocido de US 2008/0063597 A1 obtener un combustible compuesto de una mezcla en el estado sólido de aluminio y galio, este último actuando como agente protector respecto de la oxidación de aluminio.

Durante la reacción de oxidación, el galio, siendo inerte respecto del agua, no sufre más transformaciones y permanece como un producto de desecho.

35

Sin embargo, el uso de este combustible basado en galio y aluminio no está libre de inconvenientes, que incluyen el hecho de que requiere la producción en instalaciones de laboratorios adecuadas y el subsiguiente almacenamiento de unidades de combustible, aumentando los requisitos de tiempo y los costes de suministro.

5           Es además necesario proveer sistemas para la recuperación y la evacuación de la cámara de reacción del galio que es liberado como consecuencia de la oxidación del combustible con el agua, lo cual aumenta la complejidad de su estructura y aumenta sus costes de producción y mantenimiento.

10           Como alternativa, también es conocido proveer cámaras para la reacción del aluminio en agua en las que están provistos elementos para realizar mecanizado sobre artículos basados en aluminio o aleaciones suyas, que son alimentados a la cámara en tal región de mecanizado, con el fin de eliminar la película de óxido protector que recubre estos artículos y hacer átomos puros de aluminio disponibles para la reacción con el agua.

15           En particular, una planta para la producción de hidrógeno gaseoso es conocida de JP2001031401 que utiliza un recipiente para contener agua, que está conectado a un conducto para la extracción del hidrógeno generado, dentro del cual una herramienta de corte está acomodada que está inmersa en agua y está diseñada para mecanizar un combustible basado en aluminio o aleaciones suyas, que es alimentado hacia dicha herramienta. La actuación rotatoria de la herramienta de corte es obtenida mediante un accionamiento por motor que es externo al  
20           recipiente.

          Además, US 2004/0208820 A1 muestra un método para generar hidrógeno que conlleva proveer una acción de fricción y la fractura mecánica simultánea de un material metálico basado en aluminio inmerso en agua, para hacer disponibles átomos de aluminio puro para disparar la reacción con el agua. En particular, se muestra una planta que está constituida por una cámara de  
25           reacción provista de medios para suministrar agua y con un conducto para la recuperación del hidrógeno gaseoso, que acomoda una muela inmersa en agua, hacia la cual material metálico que contiene aluminio en el estado sólido es alimentado. El movimiento rotatorio de la muela es activado por un motor eléctrico externo.

30           Sin embargo, incluso estas plantas no están libres de inconvenientes, incluyendo en particular el hecho de que están diseñadas exclusivamente para obtener hidrógeno gaseoso para ser almacenado o alimentado hacia usuarios adecuados y no permiten utilizar las otras fuentes de energía hechas disponibles como consecuencia de la reacción de oxidación.

          Además, estas plantas requieren fuentes de suministro externas tanto para la potencia o el combustible necesarios para la operación del motor para la actuación rotatoria de las herramientas  
35           correspondientes como para el agua de procesamiento requerida para mantener la reacción.

Además, tales plantas hacen difícil ajustar la cantidad de hidrógeno que es producida y, con referencia particular a la planta mostrada por JP2001031401, tienen una operación discontinua, ya que la cámara de reacción debe ser suministrada de nuevo con agua de forma periódica.

5

#### Explicación de la invención

El objetivo de la presente invención es eliminar los inconvenientes mencionados anteriormente del estado de la técnica, diseñando una planta de cogeneración de combustible metálico que permita utilizar no sólo la energía química potencial del hidrógeno obtenido de la oxidación de un combustible metálico en agua, sino también el calor generado por la reacción de disociación del agua para generar energía calorífica, energía mecánica y/o potencia eléctrica.

10

Dentro de este objetivo, un objeto de la presente invención es proveer una planta autónoma con operación de ciclo continuo que constituya un sistema sustancialmente cerrado capaz de sostenerse una vez que se han alcanzado las condiciones de estado estables.

15

Otro objeto de la presente invención es proveer tratamientos adecuados que permitan reciclar los subproductos obtenidos en la cámara de reacción y en particular los óxidos metálicos.

Otro objeto de la presente invención es proponer una planta compacta que pueda ser aplicada fácilmente en varios campos, por ejemplo para la propulsión de vehículos terrestres, navales o aeroespaciales, en centrales generadoras estacionarias y para la cogeneración para su uso civil y/o industrial.

20

Otro objeto de la presente invención es no liberar sustancias que contaminen el medio ambiente y tener un impacto medioambiental limitado.

Otro objeto de la presente invención es proveer una planta que sea simple, relativamente fácil de proveer en la práctica, segura en su uso, efectiva en su operación y de coste relativamente bajo.

25

Este objetivo y estos y otros objetos que resultarán aparentes de mejor modo a continuación se consiguen mediante la presente planta de cogeneración de combustible metálico, que comprende al menos una cámara de reacción, medios para introducir al menos un oxidante líquido con base de agua, y medios para suministrar al menos un combustible de base metálica en dicha cámara, el oxidante y el combustible siendo adaptados para producir una reacción de oxidación exotérmica para obtener hidrógeno gaseoso y al menos un óxido metálico, caracterizada por el hecho de que dichos medios de introducción están adaptados para introducir en dicha cámara una cantidad de oxidante que sea sustancialmente mayor que la cantidad estequiométrica para formar vapor y comprenda al menos una unidad motriz de base fluida que es alimentada en entrada por al menos dicho vapor para la actuación rotatoria de un eje motor,

35

medios de separación y recuperación para dicho vapor siendo interpuestos entre la cámara y la entrada a dicha unidad motriz, y medios para la evacuación de dicho hidrógeno estando provistos además.

5

#### Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán aparentes de mejor modo a partir de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización preferido pero no exclusivo de una planta de cogeneración de combustible metálico, ilustrados mediante ejemplo no limitador en los dibujos que acompaña, en los que:

La figura 1 es una vista de sección longitudinal esquemática de una planta de cogeneración según la invención;

La figura 2 es un diagrama esquemático que representa la arquitectura y las conexiones funcionales de la planta de cogeneración según la invención;

La figura 3 es un diagrama esquemático que representa la unidad de gestión y control de la planta de cogeneración según la invención.

#### Formas de realizar la invención

Con referencia a las figuras, el número de referencia 1 generalmente designa una planta de cogeneración de combustible metálico.

La planta 1 comprende al menos una cámara de reacción 2, que es hermética y está adecuadamente aislada térmicamente, medios 3 para introducir al menos un oxidante líquido con base de agua en la cámara 2, y medios 4 para suministrar al menos un combustible de base metálica en dicha cámara.

El oxidante y el combustible están adaptados para generar entre ellos una reacción de oxidación exotérmica para obtener hidrógeno gaseoso y al menos un óxido metálico en el estado sólido y/o líquido.

Ventajosamente, los medios de introducción 3 y los medios de suministro 4 trabajan continuamente, suministrando a la cámara 2 con el fin de mantener de modo estable dicha reacción.

El combustible es alimentado preferiblemente en el estado sólido, pero podría también ser introducido en la cámara 2 también o exclusivamente en el estado líquido.

El combustible comprende además al menos un metal seleccionado del grupo que comprende aluminio, magnesio y compuestos y/o aleaciones suyas. Preferiblemente, el combustible está constituido por aluminio o compuestos y/o aleaciones suyas.

El oxidante está constituido sustancialmente por agua, opcionalmente con la adición de sustancias protectoras, acelerantes y/o catalíticas de un tipo conocido.

La reacción entre el agua y el aluminio por lo tanto produce la formación de hidrógeno gaseoso y alúmina en el estado sólido y/o líquido.

5 Ventajosamente, los medios de introducción 3 están adaptados para introducir una cantidad de agua que es sustancialmente mayor que la estequiométrica para mantener la reacción de oxidación; el exceso de agua, debido al calor generado por esta reacción, es convertido al menos parcialmente en vapor.

10 La planta 1 por lo tanto tiene al menos una unidad motriz con base fluida 5, que es alimentada en entrada por al menos el vapor para girar un eje motor 6, entre la cámara 2 y la entrada a la unidad motriz 5 existiendo medios 7 para separar y recuperar al menos el vapor.

Preferiblemente, tal y como se muestra en la figura 1, la unidad motriz 5 es alimentada en entrada tanto por el vapor como por el hidrógeno que son obtenidos en la cámara 2 y son sacados de dicha cámara mediante los medios de separación y recuperación 7.

15 La planta 1 está provista además de medios 8 (mostrados esquemáticamente en la figura 2) para evacuar el hidrógeno obtenido, que están asociados con los medios de separación y recuperación 7, si la unidad motriz 5 es suministrada exclusivamente por el vapor, o dispuestos corriente debajo de la descarga de la unidad motriz 5, cuando dicha máquina es suministrada por ambos fluidos. Los medios de evacuación 8 pueden proveer el almacenamiento o transporte del  
20 hidrógeno hacia un usuario según tecnologías conocidas.

La unidad motriz 5 está constituida por una turbina, cuyo impulsor 5a está asociado conjuntamente para la rotación con el eje motor 6. En un ejemplo de realización alternativo, la unidad motriz 5 puede estar constituida por una máquina motriz de combustión externa, tal como por ejemplo un motor Stirling.

25 La cámara 2 se encuentra sustancialmente a lo largo de un eje longitudinal A, de forma que forme un primer extremo 2a y un segundo extremo 2b, que están mutuamente opuestos y están asociados con una conexión fluida con los medios de introducción 3 y los medios de separación y recuperación 7 respectivamente.

Los medios de suministro 4 comprenden al menos una herramienta 9, que está acomodada  
30 en la cámara 2 para formar un área de trabajo que está inmersa en agua y está asociada con el eje motor 6 para la actuación con un movimiento de corte. En la figura 1, la herramienta 9 es del tipo de una fresa de planear y está unida directamente en el eje motor 6 en un primer extremo que sobresale dentro de la cámara 2, el movimiento de corte siendo rotatorio. Sin embargo, es posible proveer el uso de una herramienta con forma diferente, tal como por ejemplo una muela. Los  
35 medios de suministro 4 tienen además medios empujadores 10 para introducir al menos un

artículo M hecho de combustible en la cámara 2 en dicha área de trabajo. Los medios empujadores 10 están adaptados preferiblemente para suministrar la cámara 2 continuamente. La acción mecánica aplicada por la herramienta 9 al artículo M es tal como para obtener la formación de fragmentos de combustible de tamaño adecuado (teniendo por ejemplo un diámetro comprendido entre 10 y 100 micrómetros), cuyas superficies expuestas portan partículas metálicas que son reactivas en la presencia de agua.

En particular, si se utiliza un combustible con base de aluminio, el mecanizado realizado por la herramienta 9 permite eliminar la película de alúmina que recubre el artículo M externamente, que previamente había permanecido en contacto con el aire, y hacer disponibles partículas de metal puro para la reacción con el agua.

Ventajosamente, el artículo M puede tener una forma alargada y puede estar constituido por barras comerciales ordinarias, que están ampliamente disponibles de forma comercial, la herramienta 9 estando adaptada para realizar su mecanizado final.

La herramienta 9 está dispuesta cerca del primer extremo 2a, en el eje longitudinal A, y los medios empujadores 9 están adaptados para introducir el artículo M en la cámara 2 a través de una abertura que está formada en el segundo extremo 2b paralelo a dicho eje.

La planta 1 está provista de medios de accionamiento por motor 11 (mostrados esquemáticamente en la figura 2) para la actuación inicial de los medios de introducción 3 y/o suministro 4. En particular, los medios de accionamiento por motor 11 están adaptados para girar el eje motor 6, produciendo el consiguiente disparo de la reacción de oxidación en la cámara 2 hasta que se alcanzan condiciones de estado estables en las que dichos medios de accionamiento por motor son desactivados y la rotación es impartida al eje motor 6 exclusivamente por la turbina 5. Además, los medios de accionamiento por motor 11 aseguran el comienzo de la operación de cualquier dispositivo de bombeo provisto dentro de los medios 3 para introducir el oxidante y de cualquier usuario auxiliar adicional 12, tales como los elementos para activar los medios empujadores 10.

La figura 1 ilustra un saliente 13 que está rígidamente conectado a un segundo extremo del eje motor 6, que se encuentra opuesto al primero y está dispuesto externamente respecto de la cámara 2, para emparejarse con los medios de accionamiento por motor 11, no mostrados en detalle, que pueden estar constituidos por un motor eléctrico de un tipo convencional.

Los medios de introducción 3 comprenden un cuerpo de colector 14, que está asociado con un conducto 15 para la entrada de agua, que es alimentado por un tanque 16 mediante dichos dispositivos de bombeo o directamente de la red principal de agua; el cuerpo de colector 14 tiene una conexión fluida al primer extremo 2a y tiene una forma sustancialmente anular alrededor del eje longitudinal A, para formar un orificio central en el que el eje motor 6 es acomodado de forma

que pase a través de él. La cámara 2 tiene, en el primer extremo 2a, una abertura, en el orificio central del cuerpo de colector 14, en el que el eje motor 6 es insertado para pasar herméticamente. Los medios de introducción 3 tienen además una partición enderezadora 17, que está interpuesta entre el cuerpo de colector 14 y el primer extremo 2a, con el fin de dar al agua un movimiento en una dirección que es sustancialmente paralela al eje longitudinal A a lo largo de la cámara 2, hacia el segundo extremo 2b. La partición enderezadora 17 está constituida por una placa anular provista de una pluralidad de orificios de paso cilíndricos distribuidos a lo largo de toda su extensión.

Los medios de separación y recuperación 7 comprenden un depósito amortiguador 18, que está asociado con una conexión fluida con el segundo extremo 2b mediante la interposición de una partición de ralentización 19, que está constituida por una placa anular provista de una pluralidad de orificios de paso cilíndricos distribuidos a lo largo de toda su extensión.

El depósito 18 está provisto, en una región superior, de al menos un puerto 18a para la salida de al menos uno entre el hidrógeno y el vapor que se han formado dentro de la cámara 2 y, en una región inferior, de al menos un segundo puerto 18b para la salida de al menos uno entre cualquier exceso de agua que aún está en el estado líquido y el óxido metálico que se ha formado, en particular alúmina. En la planta mostrada en la figura 1, toda la fase gaseosa, constituida por una mezcla de vapor e hidrógeno dirigidos hacia la turbina 5, pasa a través del primer puerto 18a, mientras que el agua y la alúmina salen desde el segundo puerto 18b. Corriente abajo del segundo puerto 18b, por lo tanto, hay un montaje de separación de primera fase 20, mostrado esquemáticamente en la figura 2, para la consiguiente separación de agua y óxido metálico, por ejemplo del tipo asentamiento. La planta 1 está provista además de primeros medios 21 para transferir el agua recuperada por el montaje de separación de primera fase 20 en la cámara 2 mediante los medios de introducción 3, y de una unidad 22 para reducir el óxido metálico recuperado y segundos medios 23 para transportar el metal obtenido de la reacción de reducción en la cámara 2 directamente o mediante los medios de suministro 4.

En el caso de utilización de combustible basado en aluminio o aleaciones y/o compuestos suyos, la unidad de reducción de alúmina 22 puede ser del tipo electrolítico, preferiblemente con celdas que tienen ánodos inertes.

El depósito 18 por lo tanto tiene una extensión sustancialmente anular alrededor del eje longitudinal A, para formar un orificio central en el que la abertura está formada del segundo extremo 2b para la introducción hermética del artículo M.

Ventajosamente, están provistos primeros medios de intercambio de calor 24, los cuales operan a una elevada presión (generalmente mayor de 30 bares), para al menos la recuperación parcial del calor de al menos el vapor en salida del primer puerto 18a y en entrada a la turbina.



Si la turbina 5 está suministrada en entrada por vapor e hidrógeno, los primeros medios de intercambio de calor 24 procesan ambos fluidos.

La figura 1 muestra primeros medios de intercambio de calor 24 con fluidos separados y corrientes aisladas, que afectan a un conducto 25 para conectar el primer puerto 18a a la entrada de la turbina 5; los números de referencia 24a y 24b respectivamente designan los puertos de entrada y descarga de un primer fluido de trabajo que absorbe calor del hidrógeno y del vapor.

Es posible además proveer medios 26 para sobrecalentar el hidrógeno y/o el vapor corriente arriba de la entrada a la turbina, mostrado esquemáticamente en la figura 2. Los medios de sobrecalentamiento 26, si están suministrados, están conectados adecuadamente corriente arriba de la entrada a los primeros medios de intercambio de calor 24. Los medios de sobrecalentamiento 26 pueden estar constituidos por ejemplo por una porción de conducto en espiral dispuesto en la cámara 2 cerca del área de trabajo de la herramienta 9 y de la región donde la reacción de oxidación exotérmica es disparada y desarrollada, que es atravesada por el hidrógeno y/o vapor en salida de los medios de separación y recuperación 7.

La planta 1 tiene además segundos medios de intercambio de calor 17, que operan a baja presión (generalmente menor de cinco bares), asociados con la salida de la unidad motriz 5 para la al menos parcial recuperación del calor de al menos el vapor y la correspondiente condensación.

Si la turbina 5 es alimentada en entrada por vapor e hidrógeno, los segundos medios de intercambio de calor 27 procesan ambos fluidos.

En la figura 1, los segundos medios de intercambio de calor 27, con fluidos separados y corrientes aisladas, están conectados a la salida de la turbina 5 mediante un conducto 28 y están suministrados tanto con el hidrógeno como con el vapor; los números de referencia 27a y 27b designan respectivamente la entrada y la salida de un segundo fluido de trabajo que absorbe calor del hidrógeno y del vapor.

Hay por lo tanto una unidad de separación de segunda fase 29 que está asociada para cooperar con los segundos medios de intercambio de calor 27 para separar el hidrógeno del agua obtenida de la condensación del vapor. En las figuras, los números de referencia 29a y 29b designan las salidas respectivamente de hidrógeno y del agua de condensación.

Los medios de evacuación 8 están asociados con la salida de descarga 29a con el fin de almacenar el hidrógeno o enviarlo a un usuario.

Finalmente, están provistos terceros medios 30 para transportar el agua de condensación a la cámara 2 mediante los medios de introducción 3.

Con referencia particular a las figuras 2 y 3, de las cuales los símbolos utilizados están referenciados entre paréntesis, se señala que ventajosamente hay medios, constituidos por sensores y/o transductores convencionales, para detectar las cantidades físicas que permiten,

según fórmulas que son conocidas a la persona experimentada en la técnica, calcular al menos uno de los valores de potencia térmica ( $P_{\text{CALOR}}$ ) transferida por los primeros y/o segundos medios de intercambio de calor 24 y/o 27, a los respectivos fluidos de trabajo, potencia mecánica ( $P_M$ ) hecha disponible por la unidad motriz 5, y energía química potencial ( $P_{\text{H}_2}$ ) que corresponde a la cantidad de hidrógeno producida.

En mayor detalle, es posible proveer medios para detectar los valores de:

- Velocidad de flujo, presión y temperatura del oxidante alimentado por los medios de introducción 3,
- Presión y temperatura en la cámara 2 en la región donde la reacción de oxidación exotérmica es disparada o desarrollada,
- Presión y temperatura del vapor y/o hidrógeno en entrada a los primeros medios de intercambio de calor 24,
- Presión y temperatura del vapor y/o hidrógeno en salida de los primeros medios de intercambio de calor 24 o en entrada a la unidad motriz 5,
- Presión y temperatura del vapor y/o hidrógeno en salida de la unidad motriz 5,
- Velocidad de flujo, presión y temperatura del hidrógeno en salida del primer puerto de descarga 29a y
- Velocidad de flujo, presión y temperatura del agua de condensación en salida del segundo puerto de descarga 29b.

Es posible además proveer medios para detectar los valores de:

- La velocidad de alimentación del artículo M transmitida por los medios empujadores 10,
- La velocidad de rotación y par del eje motor 6,
- Velocidad de flujo, presión y temperatura del primer fluido de trabajo en entrada a los primeros medios de intercambio de calor 24,
- Presión y temperatura del primer fluido de trabajo en salida de los primeros medios de intercambio de calor 24,
- Velocidad de flujo, presión y temperatura del segundo fluido de trabajo en entrada a los segundos medios de intercambio de calor 27, y
- Presión y temperatura del segundo fluido de trabajo en salida de los segundos medios de intercambio de calor 27.

La planta 1 está provista además de una unidad de gestión y control 31 que está mostrada esquemáticamente en la figura 3 y está adaptada para recibir las correspondientes señales de los valores físicos, procesarlos con el fin de calcular al menos uno de los valores citados

anteriormente de potencia térmica ( $P_{\text{CALOR}}$ ), potencia mecánica ( $P_M$ ) y energía química potencial ( $P_{H2}$ ) producidas por la planta 1 y comparar los valores detectados con los valores establecidos correspondientes de potencia calorífica

5  $\frac{\text{Solicitado}}{P_{\text{CALOR}}}$ ), potencia mecánica ( $\frac{\text{Solicitado}}{P_M}$ ) y/o energía química potencial ( $\frac{\text{Solicitado}}{P_{H2}}$ ) con el fin de determinar cualquier variación positiva o negativa ( $\Delta P_{\text{CALOR}}$ ,  $\Delta P_M$ ,  $\Delta P_{H2}$ ) y de modo acorde gestionar la actuación de los medios de introducción 3 y/o de los medios de alimentación 4 para obtener valores detectados que sean sustancialmente iguales a los valores establecidos.

10 En particular, si una variación del valor detectado de potencia térmica ( $\Delta P_{\text{CALOR}}$ ) respecto del valor establecido para una velocidad de flujo de agua dada ( $m_{H2O}$ ) en entrada a la cámara 2 ha sido detectada, la unidad de gestión y control 31 actúa sobre los medios de introducción 3, estableciendo una variación correlacionada positiva o negativa ( $\Delta m_{H2O}$ ) de la velocidad de flujo del agua en entrada.

15 Además, en caso de una variación del valor detectado de potencia mecánica ( $\Delta P_M$ ), o energía química potencial ( $\Delta P_{H2}$ ) respecto del valor establecido correspondiente, para una velocidad de flujo dada de aluminio ( $m_{Al}$ ) introducido en la cámara 2, la unidad de gestión y control 31 actúa sobre los medios de suministro 4, forzando una variación correlacionada positiva o negativa ( $\Delta m_{Al}$ ) de la velocidad de flujo de aluminio en entrada.

20 En particular, el valor de la potencia mecánica ( $P_M$ ) hecha disponible por la unidad motriz 5 puede ser obtenido procesando los valores de presión y temperatura de la velocidad de flujo de la mezcla gaseosa ( $m_{\text{mix}}$ ) en entrada a dicha unidad motriz para calcular el correspondiente contenido de entalpía ( $h_{\text{mix}}$ ), de la que la unidad de gestión y control 31 es capaz de procesar el dato relacionado con la potencia que puede ser obtenida de la unidad motriz 5. Al mismo tiempo, la unidad de gestión y control 31 es capaz de detectar el valor de potencia mecánica requerido por la planta 1 a partir de los valores detectados instantáneamente del par y de la velocidad de rotación del eje motor 6. Cuando la potencia mecánica hecha disponible por la unidad motriz 5 es suficiente para asegurar que el eje motor 6 continúe rotando a la velocidad deseada y cubra la demanda de los medios de introducción 3 y de cualquier usuario auxiliar 12, la unidad de gestión y control 31 desactiva los medios de accionamiento por motor 11 y la planta 1 se mantiene de forma autónoma. Cualquier exceso en la potencia mecánica resultante puede ser convertido en potencia eléctrica.

35 La unidad de gestión y control 31, no mostrada en detalle, es del tipo de un dispositivo electrónico convencional, preferiblemente del tipo programable, opcionalmente provisto de medios para interactuar con el usuario para establecer los valores requeridos de potencia térmica ( $\frac{\text{Solicitado}}{P_{\text{CALOR}}}$ ), potencia mecánica ( $\frac{\text{Solicitado}}{P_M}$ ) y/o energía química potencial ( $\frac{\text{Solicitado}}{P_{H2}}$ ).

La operación de la presente invención es como sigue.

Mediante los medios de introducción 3 y los medios de suministro 4, agua u otro oxidante con base de agua y aluminio, o compuestos y/o aleaciones suyas u otro combustible de base metálica son introducidos continuamente respectivamente en la cámara 2 para disparar la reacción  
5 de oxidación que lleva a la generación de hidrógeno gaseoso y alúmina u otro óxido metálico.

Ventajosamente, el agua es introducida de forma continua en la cámara 2 en una cantidad que es mayor que la cantidad estequiométrica con el fin de mantener la reacción de oxidación, de forma que el exceso de agua se convierta continuamente al menos parcialmente en vapor gracias  
10 al calor generado por la reacción de oxidación.

El vapor y opcionalmente también el hidrógeno contenido en la cámara 2, después de la adecuada separación de otras sustancias contenidas en la cámara, son introducidos en la turbina 5 u otra unidad motriz con base fluida con el fin de obtener potencia mecánica, que opcionalmente puede convertirse en potencia eléctrica. Antes de entrar en la turbina 5, la mezcla gaseosa es  
15 preferiblemente tratada en medios sobrecalentadores 26, si estuvieran provistos, y en primeros medios de intercambio de calor 24 para la recuperación de calor.

Cualquier exceso de agua y la alúmina en salida de la cámara 2 son tratados en un montaje de separación de primera fase 20, de la que el agua en salida es enviada a la cámara 2 y la  
20 alúmina es reducida electrolíticamente para obtener de nuevo aluminio metálico a ser introducido en la cámara 2.

En salida de la turbina 5, la mezcla gaseosa es tratada en segundos medios de intercambio de calor 27 para la subsiguiente recuperación de calor y luego en una unidad de separación de  
25 segunda fase 29 para separar el agua de condensación, que puede ser introducida de nuevo en la cámara 2 y el hidrógeno pretendido para usuarios correspondientes o para almacenamiento.

La planta según la invención por lo tanto permite obtener potencia mecánica/eléctrica, potencia térmica y energía química potencial.

30 El método para la cogeneración a partir de combustible metálico que está propuesto de hecho provee los pasos de:

- Suministrar al menos un oxidante líquido de base de agua,

5

- Suministrar al menos un combustible de base metálica que es reactivo por oxidación a dicho oxidante para formar hidrógeno y al menos un óxido metálico, el oxidante siendo suministrado en exceso respecto de la cantidad estequiométrica requerida según dicha reacción de oxidación,

10

- Mezclar el combustible y el oxidante para obtener la reacción y la generación simultánea de vapor a partir del exceso de cantidad del oxidante,

- Procesar al menos uno entre el hidrógeno y el vapor en una unidad motriz de base fluida para la actuación rotatoria de al menos un eje motor,

15

- Recuperar el hidrógeno en salida de la máquina de trabajo, tales pasos constituyendo un proceso continuo.

Tal método puede proveer además el paso de recuperar calor a partir del vapor y/o del hidrógeno corriente arriba o corriente abajo de paso dentro de la unidad motriz.

En la práctica se ha descubierto que la invención descrita consigue el objetivo y los objetos pretendidos, y en particular se señala el hecho de que la planta según la invención y el correspondiente método de cogeneración permiten obtener, utilizando un combustible metálico ampliamente disponible, que es relativamente barato y no contaminante, además de la energía química potencial hecha disponible por el hidrógeno obtenido, también potencia mecánica/eléctrica y térmica.

Además, la planta según la invención permite utilizar al menos parte de la potencia mecánica generada para sustentar su propia operación, siendo autónoma en condiciones de estado estables respecto de fuentes de energía externas, que podrían aumentar sus costes operativos.

Además, la planta según la invención provee el reciclado de los subproductos de reacción, reduciendo los costes de operación.

Finalmente, la planta propuesta es compacta y flexible en su aplicación.

35

La invención concebida de este modo es susceptible de numerosas modificaciones y variaciones, todas ellas estando dentro del ámbito de las reivindicaciones anexadas.

En la práctica, los materiales utilizados así como las formas y dimensiones contingentes, pueden ser cualesquiera según los requisitos sin por ello abandonar el ámbito de la protección de las reivindicaciones anexadas.

5           Donde los elementos técnicos mencionados en cualquier reivindicación estén seguidos por signos de referencia, esos signos de referencia se han incluido con el único objetivo de aumentar la inelegibilidad de las reivindicaciones y de modo acorde, tales signos de referencia no tienen efecto limitador alguno sobre la interpretación de cada elemento identificado mediante ejemplo por tales signos de referencia.

10

15

20

25

30

35

5

REIVINDICACIONES

1.- Una planta de cogeneración de combustible metálico (1), que comprende al menos una cámara de reacción (2), medios (3) para introducir al menos un oxidante líquido con base de agua, y medios (4) para suministrar al menos un combustible de base metálica en dicha cámara (2), el oxidante y el combustible estando adaptados para producir una reacción de oxidación exotérmica para obtener hidrógeno gaseoso y al menos un óxido metálico, caracterizada por el hecho de que dichos medios de introducción (3) están adaptados para introducir en dicha cámara (2) una cantidad de oxidante que es sustancialmente mayor que la cantidad estequiométrica para formar vapor y comprende al menos una unidad motriz de base fluida (5) que es alimentada en entrada por al menos dicho vapor para la actuación rotatoria de un eje motor (6), medios de separación y recuperación (7) para al menos dicho vapor estando interpuestos entre la cámara (2) y la entrada a dicha unidad motriz (5) y medios (8) para la evacuación de dicho hidrógeno estando provistos además.

2.- La planta (1) según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que dichos medios de suministro (4) comprenden al menos una herramienta (9) que está acomodada dentro de dicha cámara (2) para formar un área de trabajo que está sumergida en dicho oxidante y está asociada con dicho eje motor (6) para la actuación con un movimiento de corte y medios empujadores (10) para introducir al menos un artículo (M) hecho de dicho combustible en dicha cámara (2) en dicha área de trabajo, la acción mecánica de la herramienta (9) sobre el artículo (M) estando adaptada para obtener la formación de fragmentos de dicho combustible cuyas superficies expuestas portan partículas metálicas que son reactivas al oxidante.

3.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que comprende medios de accionamiento por motor (11) para la actuación inicial de dichos medios de introducción (3) y/o de dichos medios de suministro (4), en el estado estable la actuación de los medios de introducción (3) y/o de los medios de suministro (4) estando sostenida por la potencia mecánica provista por la unidad motriz (5).

4.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicha cámara (2) se encuentra sustancialmente a lo largo de un eje longitudinal (A) para definir un primer extremo (2a) y un segundo extremo (2b) que están mutuamente opuestos y

están asociados con una conexión fluida respectivamente con dichos medios de introducción (3) y con dichos medios de separación y recuperación (7).

5 5.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dichos medios de introducción (3) comprenden un cuerpo de colector (14), que está asociado con un conducto (15) para la entrada de dicho oxidante, con una conexión fluida a dicho primer extremo (2a) y teniendo una extensión sustancialmente anular alrededor de dicho eje longitudinal (A), como para definir un orificio central en el que dicho eje motor (6) está acomodado para pasar a través de él herméticamente.

10 6.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dichos medios de introducción (3) comprenden una partición enderezadora (17), que está interpuesta entre dicho cuerpo de colector (14) y dicho primer extremo (2a), para dar a dicho oxidante un movimiento en la dirección que es sustancialmente paralela a dicho eje longitudinal (A) a lo largo de dicha cámara (2).

15 7.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dichos medios de introducción (3) y dichos medios de suministro (4) operan continuamente.

20 8.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dichos medios de separación y recuperación (7) comprenden un depósito amortiguador (18), que está asociado con una conexión fluida con dicho segundo extremo (2b) mediante la interposición de una partición ralentizadora (19), el depósito (18) estando provisto de al menos un puerto (18a) para la salida de al menos uno de entre dicho hidrógeno y dicho vapor, que está asociado con la entrada de dicha unidad motriz (5), y de al menos un segundo puerto (18b) para la salida de al menos uno de entre dicho exceso de oxidante y dicho óxido metálico.

25 9.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicha herramienta (9) está dispuesta cerca de dicho primer extremo (2a) en dicho eje longitudinal (A) y por el hecho de que dichos medios empujadores (10) están adaptados para introducir dicho artículo (M) paralelo a dicho eje longitudinal (A).

30 10.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicho depósito (18) tiene una extensión sustancialmente anular alrededor de dicho eje longitudinal (A) para formar un orificio central en el que dicha cámara (2) está provista de un abertura para la inserción hermética de dicho artículo (M).

11.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que comprende primeros medios de intercambio de calor (24) para la recuperación al menos parcial de calor de al menos dicho vapor en salida de dicha cámara (2).



12.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que comprende medios (26) para sobrecalentar al menos dicho vapor que está dispuesto corriente arriba de la entrada a dicha unidad motriz (5).

5 13.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que comprende segundos medios de intercambio de calor (27) que están asociados con la salida de dicha unidad motriz (5) para la recuperación al menos parcial de calor de al menos dicho vapor.

10 14.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que comprende un montaje de separación de primera fase (20), que está asociado con dicho segundo puerto de descarga (18b) para la separación de dicho exceso de oxidante y de dicho óxido metálico, primeros medios (21) para transportar el oxidante a la cámara (2), una unidad (22) para reducir el óxido metálico y estando provistos segundos medios (23) para transportar el metal obtenido a partir de la reacción de reducción a la cámara (2).

15 15.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicha unidad motriz (5) está suministrada en entrada por dicho vapor y por dicho hidrógeno, los medios de separación y recuperación (7) estando adaptados para permitir la extracción de dicha cámara (2) del vapor y del hidrógeno y los medios de evacuación (8) estando asociados con la salida de la unidad motriz (5).

20 16.- La planta (1) según la reivindicación 14, caracterizada por el hecho de que comprende una unidad de separación de segunda fase (29) que está asociada para cooperar con dichos segundos medios de intercambio de calor (27) para separar dicho hidrógeno del agua obtenida a partir de la condensación de dicho vapor, los medios de evacuación (7) estando asociados con la salida de dicho segundo montaje de separación (29) y terceros medios (30) estando provistos para devolver el agua de condensación a la cámara (2).

25 17.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicha unidad motriz (5) está constituida por una turbina, cuyo impulsor (5a) está asociado conjuntamente para la rotación con dicho eje motor (6).

30 18.- La planta (1) según una o más de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizada por el hecho de que dicha unidad motriz (5) está constituida por una máquina motriz de combustión externa.

19.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicho combustible comprende al menos un metal seleccionado del grupo que comprende aluminio, magnesio y compuestos y/o aleaciones correspondientes.

35 20.- La planta (1) según la reivindicación 19, caracterizada por el hecho de que dicho combustible está constituido sustancialmente por aluminio o compuestos y/o aleaciones suyas.

21.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que dicho artículo (M) tiene una forma sustancialmente alargada, la herramienta (9) estando adaptada para trabajar su extremo.

5 22.- La planta (1) según una o más de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por el hecho de que comprende una unidad de gestión y control (31), que está adaptada para procesar al menos uno de los valores de potencia térmica ( $P_{\text{CALOR}}$ ), potencia mecánica ( $P_M$ ) y energía química potencial ( $P_{\text{H}_2}$ ) obtenido de los valores de cantidades físicas características medidas por medios de detección, para comparar dicho al menos un valor detectado con al menos un valor establecido correspondiente de potencia térmica ( $P_{\text{CALOR}}^{\text{Solicitado}}$ ), potencia mecánica ( $P_M^{\text{Solicitado}}$ ) o energía  
10 química potencial ( $P_{\text{H}_2}^{\text{Solicitado}}$ ) y para operar dichos medios de introducción (3) y/o dichos medios de suministro (4) para obtener un valor detectado que sea sustancialmente igual al valor establecido correspondiente.

15 23.- Un método para la cogeneración de combustible metálico, que comprende los pasos de:

- Proveer al menos un oxidante líquido con base de agua,
- Suministrar al menos un combustible de base metálica que sea reactivo por oxidación con dicho oxidante con el fin de formar hidrógeno y al menos un óxido metálico, el oxidante estando suministrado en exceso respecto de la cantidad estequiométrica requerida según dicha  
20 reacción de oxidación,
- Mezclar dicho combustible y dicho oxidante para obtener dicha reacción y la generación simultánea de vapor a partir del exceso de cantidad de dicho oxidante,
- Tratar al menos uno entre dicho hidrógeno y dicho vapor en una unidad motriz con base fluida para la actuación rotatoria de al menos un eje motor,
- 25 - Recuperar dicho hidrógeno de salida de dicha unidad motriz (5), dichos pasos constituyendo un proceso continuo.

30 24.- El método según la reivindicación 23, caracterizado por el hecho de que comprende el paso de recuperar calor de dicho al menos uno entre dicho hidrógeno y dicho vapor corriente arriba y corriente abajo del paso dentro de dicha unidad motriz (5).

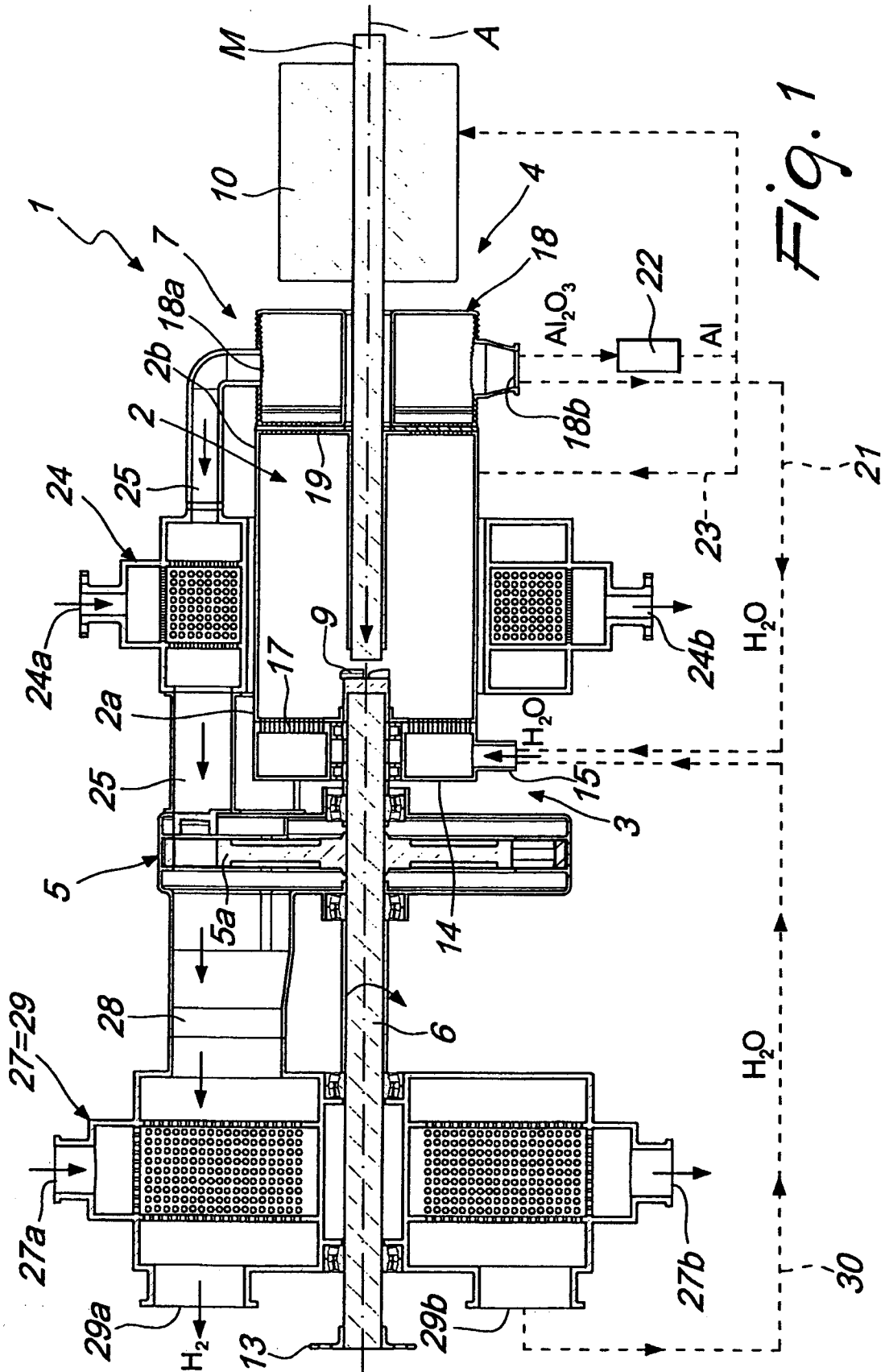


Fig. 1

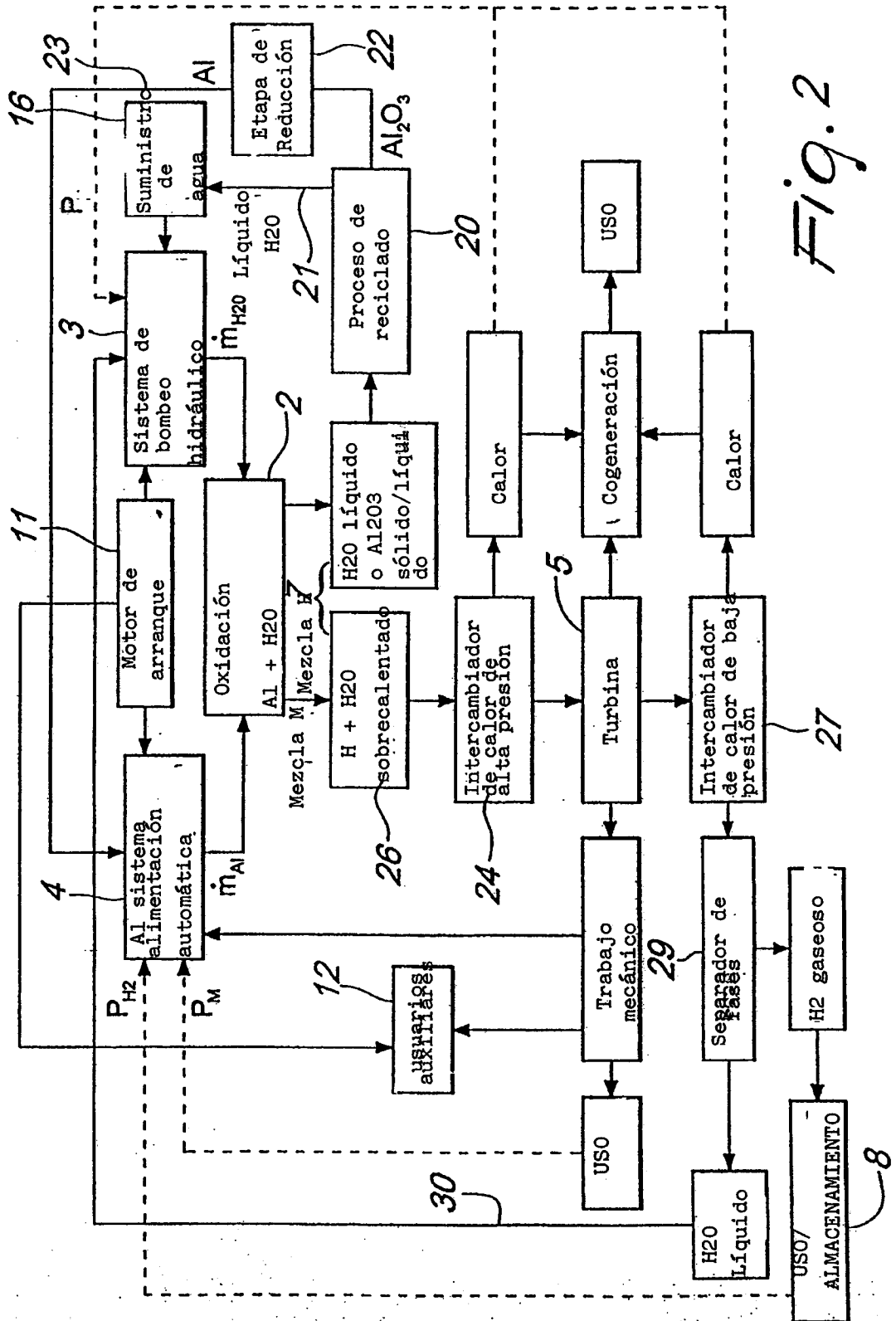


Fig. 2

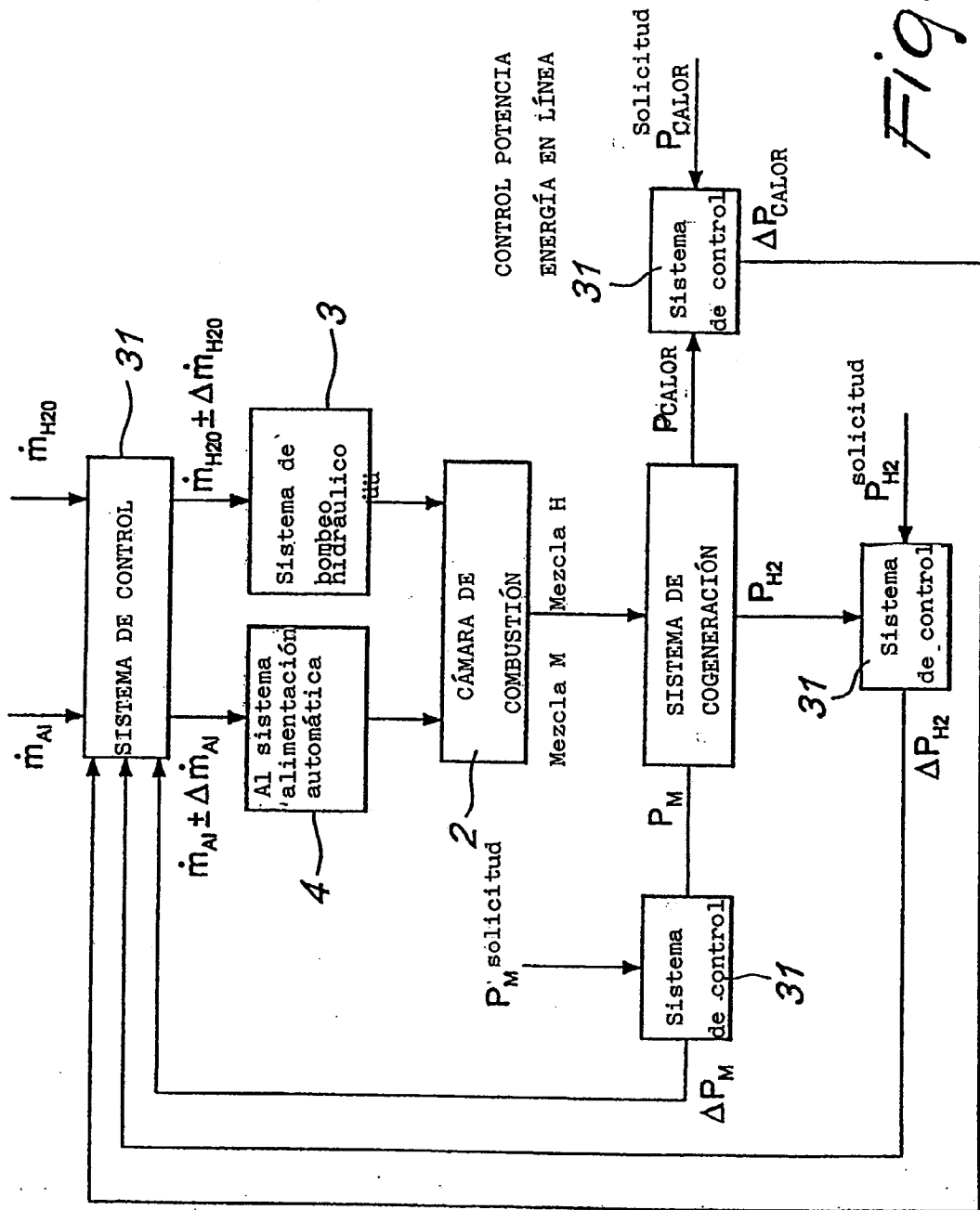


Fig. 3