

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 953 824**

51 Int. Cl.:

F01K 25/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2013 PCT/EP2013/003377**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14072068**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2013 E 13795160 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 2917515**

54 Título: **Procedimiento para la conversión y el almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

09.11.2012 DE 102012021909

19.04.2013 DE 102013006725

13.09.2013 DE 102013015137

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

16.11.2023

73 Titular/es:

BW-ENERGIESYSTEME GMBH (100.0%)

Karl-Marx-Damm 85

15526 Bad Saarow, DE

72 Inventor/es:

WOLF, BODO, M.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 953 824 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

Procedimiento para la conversión y el almacenamiento de energía

La invención se refiere a un procedimiento para la conversión y el almacenamiento de energía, como energía eléctrica y/o calor, y/o agua, especialmente para la conversión de energía solar regenerativa y/o de calor de escape resultante de la conversión de energía, por ejemplo, de centrales eléctricas de motores y turbinas de gas, así como de plantas industriales y centrales eléctricas de vapor, y para su aplicación en energía química y física y su almacenamiento y (re)conversión controlada en forma de trabajo técnico o energía eléctrica, calor para calefacción y/o calor de procedimientos industriales y/o la obtención de condensado de sal y aguas residuales. La reivindicación 1 describe el procedimiento según la invención y la reivindicación 15 describe el dispositivo según la invención.

El campo de aplicación de la invención es el suministro de energía y/o agua potable en municipios, industria, comercio y en el sector del transporte, así como la movilidad con motores de combustión interna de alta potencia y turbinas, preferiblemente en el transporte ferroviario y naval.

El objetivo principal del suministro de energía en el siglo XXI consiste en sustituir los combustibles fósiles y nucleares por energía solar regenerativa. El término "energía solar regenerativa" se utiliza aquí para distinguirla de los combustibles fósiles y nucleares, dado que actualmente los combustibles nucleares reprocesados también se denominan en algunos casos energía "regenerativa". Los sistemas más conocidos para convertir la energía solar regenerativa en energía eléctrica son actualmente las centrales fotovoltaicas, eólicas e hidroeléctricas. En el marco de la presente solicitud, los términos energía solar regenerativa y energía regenerativa se utilizan como sinónimos en el sentido de la distinción anterior. La realización de esta sustitución se ve obstaculizada en el estado de la técnica por tecnologías inadecuadas para el almacenamiento de energía, a pesar de que existen diversas soluciones y propuestas técnicas.

La necesidad de almacenamiento de energía en la economía energética actual resulta del comportamiento de los consumidores de energía que no cambiará significativamente en el futuro a pesar de todos los esfuerzos.

Hasta ahora, la tarea del almacenamiento de energía se ha resuelto fundamentalmente mediante el almacenamiento de combustibles fósiles y nucleares antes de la conversión y el uso de la energía y mediante procedimientos de conversión de energía regulables en cuanto a su rendimiento que sobredimensionados pueden seguir la marcha de carga (también perfil de carga o curva de carga) de los sistemas de suministro de energía, es decir, el desarrollo temporal de la potencia consumida (por ejemplo, de la potencia eléctrica o de la producción de gas) durante un período de tiempo.

El almacenamiento de energía entre la conversión de combustibles fósiles y nucleares y los consumidores de energía, como las centrales de acumulación por bombeo, el almacenamiento térmico, así como los acumuladores eléctricos y las baterías, tienen actualmente una importancia secundaria.

Dado que las futuras fuentes de energía significativas de la economía energética solar regenerativa, como especialmente la radiación solar y la energía eólica, sólo están disponibles durante cierto tiempo y no pueden almacenarse, los métodos de almacenamiento que se aplican entre la conversión de la energía solar regenerativa en energía eléctrica y los consumidores de energía determinan el futuro sistema de suministro energético.

Sin embargo, también es necesario además crear posibilidades para el almacenamiento de sobrecapacidades temporales de la industria energética convencional, es decir, con combustibles, como el carbón, el gas, incluidos el gas natural y el biogás, o los combustibles nucleares.

Por el estado de la técnica se conocen procedimientos y tecnologías para este fin, especialmente con respecto a los costes, al rendimiento y a la disponibilidad, que no pueden cumplir el objetivo satisfactoriamente. El documento DE102010046584 A1 se refiere a procesos puramente energéticos con una aportación de calor que debe cederse al medio ambiente en parte como trabajo técnico y en parte como energía.

Una de las causas es que, cuando se almacena calor, además de exergía también debe almacenarse anergía, lo que da lugar a un trabajo de almacenamiento específicamente bajo, lo que conlleva grandes depósitos como, por ejemplo, los depósitos de aire comprimido que finalmente también almacenan calor sensible para que la caída de presión generada del aire pueda aprovecharse de forma eficaz.

La consecuencia es que se limita la expansión de las energías renovables y que se desconectan tanto centrales eléctricas convencionales, como también centrales eólicas y fotovoltaicas, a costa de pérdidas económicas para evitar sobrecargas de la red.

La mejor forma para almacenar exergía puede lograrse mediante la conversión de la energía regenerativa en portadores de energía químicos, por ejemplo, hidrocarburos, como metano, gasolina, keroseno, gasóleo y aceite para calefacción, así como alcoholes, como metanol y etanol, que son compatibles con la infraestructura, como se describe, por ejemplo, en el documento PCT/EP 2007/005706. En cambio, el almacenamiento de energía regenerativa en forma de hidrógeno puro no resulta adecuado como solución general. Éste requiere una nueva infraestructura con una baja tasa de recuperación. La unión química del hidrógeno al carbono es básicamente el método más eficaz para el almacenamiento de hidrógeno. Por ejemplo, 1200 m³ de hidrógeno se unen de forma estable en 1 m³ de gasóleo a

presión ambiente y, según el documento PCT/EP 2007/005706, los procedimientos de este tipo pueden alcanzar una tasa de recuperación de hasta el 70% si se utiliza dióxido de carbono como proveedor de carbono.

Probablemente el método más conocido de almacenamiento de exergía son las centrales de acumulación por bombeo que pueden realizar un trabajo eléctrico de aproximadamente 1 kWh/m³ de agua por m³ de agua a una altura de caída de 400 metros. Los inconvenientes de este método consisten en que no en todas partes hay emplazamientos disponibles para centrales de acumulación por bombeo, así como en los elevados costes de desarrollo y la drástica intervención en la naturaleza.

Este inconveniente se subsanó en el documento EP 2 067 942 utilizando el cambio de volumen durante la transformación isotérmica del estado de agregación del dióxido de carbono a temperatura ambiente para la generación de una diferencia de presión con respecto a la presión ambiente. La ventaja de este método radica en su independencia en cuanto a la ubicación. El inconveniente es el elevado coste de material para almacenar el agua a presión, en relación con la capacidad de trabajo del agua almacenada, que también puede indicarse como 1 kWh/m³ de agua si se utiliza el calor ambiente para la evaporación y la condensación del dióxido de carbono.

Por consiguiente, el objetivo de la presente invención consiste en proporcionar una tecnología independiente de la ubicación para la conversión y el almacenamiento de energía, como energía eléctrica y/o calor, y/o agua, que pueda funcionar preferiblemente en lugar de con combustibles fósiles y nucleares con energía solar regenerativa y/o calor de escape, incluido en su caso también el calor de escape de la conversión energética de combustibles fósiles y nucleares, pero preferiblemente el calor de escape de la conversión energética de energía solar regenerativa, incluidas las bombas de calor, y que permita reducir significativamente las necesidades de material y las reservas de capacidad.

Se conoce la patente alemana número 24 993 del 08-05-1883 de Moritz Honigmann con el título "Procedimiento para el desarrollo de vapor sometido a presión mediante la absorción del vapor de máquina saliente en sosa cáustica o potasa cáustica". La capacidad de trabajo del agua por m³ en este procedimiento alcanza más de 600 kWh térmicamente y en forma de trabajo técnico ya alcanzaba en aquella época los 50 kWh.

Para el funcionamiento de una locomotora sin fuego, Honigmann aprovecha el hecho de que las temperaturas de ebullición de estas soluciones alcalinas son superiores a las del agua y aumentan con el incremento de la concentración de la solución acuosa y de que las soluciones como éstas absorben vapor de agua, liberando calor, y lo desorben mediante la aportación de calor, liberando vapor de agua.

Las locomotoras o máquinas de vapor de Honigmann tenían dos calderas, una para la solución alcalina caliente enriquecida y otra para el agua. La solución alcalina caliente cedía calor sensible a la caldera de vapor formando vapor de agua aumentado a presión que, una vez realizado el trabajo técnico, se conducía a la solución alcalina en una máquina de expansión y se absorbía allí cediendo calor que se conducía a la caldera de vapor, lo que aumentaba la producción de vapor y empobrecía la solución.

La locomotora se recargaba mediante un horno estacionario convencional de combustible fósil que proporcionaba el calor de desorción y enriquecía de nuevo la solución alcalina antes de devolverla a la caldera de la locomotora a alta temperatura. La locomotora o máquina de vapor según Honigmann funcionaba así cíclicamente en modo discontinuo y la capacidad de trabajo permanentemente decreciente del vapor a lo largo del ciclo sólo permitía el uso a corto plazo de un pequeño gradiente de la concentración de la solución alcalina.

En el diagrama de estados elaborado por Z. Rant del sistema NaOH/H₂O se puede ver que la solución acuosa de la sosa cáustica puede desorberse y absorberse por encima de una presión de vapor de agua de 0,025 bar que corresponde a una temperatura de ebullición del agua ligeramente superior a 25°C y en el campo de concentración de la sosa cáustica de 0 a 0,75 en kg/kg y a un ancho de banda de ebullición de la solución alcalina de 25 a 85°C, sin formación de sólidos y que puede funcionar a diferentes presiones de vapor. De aquí resulta, por ejemplo, que el concepto pretendido por la ETH Zúrich de utilizar el suelo como fuente de calor para el suministro de vapor de absorción sólo es adecuado en cierta medida.

Los inconvenientes del estado de la técnica mostraron que para la solución de la tarea planteada eran necesarios un análisis más profundo de los trabajos científicos existentes sobre el comportamiento termodinámico de los distintos pares de sustancias adecuados (solución alcalina/agua), especialmente hidróxidos metálicos/agua, como las soluciones acuosas de los hidróxidos del sodio y del calcio, así como del bromito de litio, y la derivación de diagramas de trabajo convenientes sobre el comportamiento de ebullición de las soluciones alcalinas con respecto a la presión y a la temperatura en dependencia de su concentración.

Un proceso cíclico con (sosa) cáustica y agua accionado por encima de la temperatura ambiente tiene además la característica de que sólo la exergía puede acoplarse y desacoplarse. Si se retira una sustancia del sistema de forma permanente o una vez en un punto, ésta debe volver a aportarse al proceso cíclico en otro punto, ya que, de lo contrario, el procedimiento se detiene y su ciclo cambia. Además, es característico que la solución alcalina se diluya añadiendo agua y ceda calor, pero sólo se puede conseguir un enriquecimiento de la concentración eliminando vapor de agua.

El objetivo básico de esta invención consiste en proponer un método de conversión y almacenamiento que permita un funcionamiento de una central eléctrica permanentemente continuo y adaptado a las necesidades (es decir, según el desarrollo temporal de la energía consumida (por ejemplo, la energía eléctrica o la energía térmica) a lo largo de un

período de tiempo), que pueda funcionar con o sin un desacoplamiento de calor de calefacción o calor de proceso y/o un acoplamiento de energía (solar regenerativa) y/o calor de escape, pero especialmente sin combustibles fósiles ni nucleares y que se caracterice por un alto grado de recuperación, así como por una alta capacidad de trabajo específica de las sustancias activas utilizadas como portadores de energía y por su capacidad de almacenamiento a presión ambiente.

Para ello, la invención propone un proceso de sorción (en adelante también: proceso cíclico de solución alcalina) con el par de sustancias solución alcalina/agua, preferiblemente hidróxido metálico/agua, especialmente sosa cáustica, en el que el exceso de energía para la desorción se utiliza directa o indirectamente a través de portadores de calor y en el que la obtención de energía tiene lugar mediante absorción con un retardo de tiempo,

- conectándose sucesivamente varias etapas de desorción por el lado de la solución alcalina en paralelo o una tras otra y por el lado de la presión en el nivel de temperatura, de manera que cada etapa aumente aún más la concentración de la solución alcalina utilizando el calor de condensación del vapor de desorción de la etapa de desorción anterior,

- llevándose a cabo la obtención de energía mediante la transferencia recuperativa del calor de absorción a la solución alcalina o a las sustancias activas del proceso de producción de energía a presión elevada que se libera mediante la absorción de vapor flash, de extracción o de contrapresión, así como de vapor interno y externo, y

- expandiéndose la sustancia activa en forma de vapor, cuya temperatura se ha aumentado mediante la adición de calor de absorción, en su caso después de la evaporación flash, con liberación de trabajo técnico y aportándose de nuevo el vapor de agua entonces presente a la solución alcalina.

En el sentido de la presente invención, las soluciones alcalinas son compuestos que tienen la propiedad de absorber y desorber (vapor de) agua de manera en gran medida reversible, como los hidróxidos metálicos o las sales metálicas preferiblemente en forma de soluciones acuosas, preferiblemente soluciones acuosas de hidróxido de metales alcalinotérreos o alcalinos o soluciones de haluros, especialmente soluciones acuosas de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o bromuro de litio.

Por lo tanto, el objetivo de la invención consiste en un procedimiento para la conversión y el almacenamiento de energía y para su recuperación conforme a las necesidades (es decir, según el perfil de carga) en centrales eléctricas, de calefacción y de producción combinada de calor y electricidad mediante procedimientos de sorción de vapor de agua con soluciones alcalinas, especialmente hidróxidos metálicos/sales metálicas, preferiblemente sosa cáustica, según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican realizaciones preferidas del procedimiento.

El procedimiento según la invención antes citado, incluidas las realizaciones preferidas del mismo, también se denominan en adelante "absorción y desorción continuas retardadas en el tiempo de vapor de agua según la invención".

Según la invención se aprovecha el conocimiento termodinámico básico de que las pérdidas de exergía más reducidas en la transferencia de calor se consiguen mediante cambios de estado opuestos y diferencias de temperatura medias bajas tanto en la desorción, como también en la absorción. Debido al comportamiento de ebullición isobárico de la solución alcalina, resultan ventajosas, como se muestra a modo de ejemplo en la figura 1, la transferencia recuperativa de calor desde un portador de energía, por ejemplo, agua a presión o dióxido de carbono transcrítico, a la solución alcalina durante la desorción o la transferencia de calor a los portadores de energía de este tipo durante la absorción.

Según la invención, esto se consigue, por ejemplo, transfiriendo recuperativamente (como se muestra a modo de ejemplo en la figura 1) el calor sensible de un portador de calor, preferiblemente de una sustancia activa de bomba de calor en condiciones transcríticas, por ejemplo, dióxido de carbono, a una solución alcalina con una concentración baja, por ejemplo, 0,40 kg NaOH/kg de solución alcalina, en una desorción primaria a lo largo de una o varias etapas de presión, de manera que, tras la desorción del vapor de agua, se alcance, por ejemplo, una concentración de 0,52 kg de NaOH/kg de solución alcalina a una presión de desorción que permita la transferencia recuperativa del calor de condensación del agente de desorción a una sustancia activa de la bomba de calor, por ejemplo, a una presión de vapor de 0,01 bar. De este modo, la sustancia activa de la bomba de calor se enfría, por ejemplo, en una primera etapa de desorción de 90 a 70°C, enfriándose aún más en etapas de desorción posteriores, según la invención, mediante una desorción adicional de una solución alcalina, por ejemplo, en el mismo rango de concentración, en una segunda y una tercera etapa de desorción primaria a presiones de desorción de 0,04 o 0,01 bar.

En este caso, según la invención se utilizan los vapores de desorción de la primera y de la segunda etapa de desorción para el calentamiento de etapas de desorción secundarias que se caracterizan por la transferencia recuperativa del calor de condensación de los vapores de desorción, mientras que el calor de condensación de los vapores de desorción primarios y secundarios que se producen a una presión de 0,01 bar, según la invención a efectos de una evaporación, se transfiere recuperativamente a una sustancia activa externa de la bomba de calor, a un acumulador de calor, a un portador de calor, por ejemplo, un circuito de agua a presión o al medio ambiente.

En el estado de la técnica, la puesta a disposición del calor de desorción a través de una sustancia activa de la bomba de calor, por ejemplo, dióxido de carbono en un estado transcrítico, limita la temperatura de trabajo del procedimiento de sorción por debajo de 150°C.

Por este motivo, según la invención se propone también utilizar como sustancia activa agua a presión y/o vapor de agua a presión procedentes de la desorción y de la absorción para el calentamiento de la desorción y para la recuperación de energía por expansión, aumentándose, por una parte, el vapor de desorción en el nivel energético mediante compresión y, por otra parte, expandiéndose el vapor generado recuperativamente en la absorción y cargado en presión con un nivel energético más elevado, proporcionando así trabajo técnico antes de ser absorbido por la solución alcalina a una temperatura elevada.

En el marco de la presente invención resulta fundamental no liberar en un proceso cíclico de solución alcalina ninguna energía química por conversión de material, de manera que sólo la energía de enlace entre la solución alcalina, como hidróxido metálico/sal metálica, y el agua esté disponible para el trabajo técnico. Esta energía de enlace, las temperaturas de ebullición isobáricas y el rendimiento de Carnot aumentan con el incremento de la concentración de la solución alcalina. En el caso de las soluciones alcalinas, esto también da lugar a la posibilidad de transferir recuperativamente el calor liberado por la absorción con una concentración más alta a una desorción con una concentración más baja o al agua, liberando así vapor de agua a una presión más alta con respecto a la absorción que puede utilizarse como vapor de absorción una vez realizado el trabajo técnico.

En el marco de la presente invención, los cálculos de los balances de materia y energía utilizando el vapor de agua interno del proceso han mostrado que, al diseñar los sistemas técnicos, la relación entre la conversión de energía (ΔH), la diferencia de entalpía específica (Δh) y el caudal másico del vapor de agua (m^*) correspondiente a

$$\Delta H = \Delta h \times m^*$$

tiene como consecuencia diferentes flujos másicos de vapor en la desorción y en la absorción que deben tenerse en cuenta.

En el ejemplo de la diferencia de entalpía específica Δh del ciclo de vapor puede demostrarse que de acuerdo con

$$m^* = \Delta H : \Delta h$$

el cambio del estado del vapor requiere un ajuste del caudal másico de vapor añadiendo o evacuando vapor de agua en dependencia de la diferencia de entalpía específica del vapor que sale del o que entra en el proceso cíclico de la solución alcalina.

De aquí resulta que en el transcurso de la desorción escalonada según la invención, la entalpía específica del vapor de desorción disminuye, por lo que se produce más vapor de desorción del necesario para el transporte del calor de desorción, lo que tiene como consecuencia que sólo una parte del vapor de desorción pueda utilizarse como vapor de circulación, pudiendo el resto aportarse para un uso posterior como vapor de calentamiento para una desorción o un suministro de calor de calefacción aguas abajo o una expansión que realice un trabajo técnico.

Por el contrario, en el caso de la absorción escalonada según la invención, la entalpía específica del vapor generado por transferencia recuperativa del calor de absorción aumenta, por lo que para garantizar el equilibrio de materiales del proceso del ciclo de la solución alcalina debe suministrarse vapor de la desorción o de fuentes externas, como calderas de vapor, agua de enfriamiento y ambiente, recirculación de calor de calefacción o acumuladores de calor, que se calientan preferiblemente con vapor de desorción.

Se ha comprobado que según la invención resulta ventajoso que la desorción y la absorción funcionen en el mismo rango de concentración, es decir, que los productos de la desorción sean la materia prima para la absorción y viceversa.

En la figura 2 se muestra a modo de ejemplo una propuesta de solución especial según la invención para el funcionamiento de un procedimiento correspondiente con energía eléctrica a través de una compresión de varias etapas de vapor circulante, en la que el suministro de energía (externo) sólo tiene lugar durante la primera etapa de desorción, mientras que las siguientes etapas de desorción se calientan con el calor de condensación del vapor de desorción de la etapa respectivamente anterior, dando lugar cada una de las etapas de desorción posteriores a una mayor concentración de la solución alcalina. El acoplamiento de la energía necesaria para la desorción se realiza aquí tomando vapor de la desorción entre las etapas de desorción y aumentándolo en nivel de presión mediante trabajo de compresión utilizando energía externa, preferiblemente energía eléctrica regenerativa, y aprovechando a continuación su calor sensible y su calor de condensación para el calentamiento de la primera etapa de desorción.

Según la invención, la recuperación de la energía aportada al proceso de sorción se lleva a cabo suministrando vapor de agua a la solución alcalina enriquecida por desorción y transfiriendo recuperativamente el calor de absorción que se libera a un portador de energía/portador de calor, por ejemplo, agua, dióxido de carbono o aceite térmico, sin cambio de fase o a agua, dióxido de carbono u otros refrigerantes con fines de generación de vapor.

La minimización de las pérdidas de exergía en la desorción y la absorción, así como la evaporación flash en el funcionamiento práctico, incluso cuando la primera etapa de desorción se calienta mediante una bomba de calor potente que utiliza vapor de desorción como sustancia activa o el calor de condensación del vapor de desorción como fuente de calor, ofrecen un potencial adicional para la optimización del rendimiento de la energía recuperable.

Por este motivo, la invención propone, además de utilizar ahora el estado de la técnica en la aplicación de soluciones alcalinas, preferiblemente sosa cáustica, como sustancia activa en la tecnología de centrales eléctricas y de

calefacción y, por consiguiente, especialmente mediante el uso de energía regenerativa, establecer el nivel de una tecnología de centrales eléctricas de almacenamiento y calefacción "sin fuego".

De este modo, la invención permite especialmente que los procesos de energía de vapor convencionales absorban energía regenerativa y funcionen como un proceso de almacenamiento de energía y/o de almacenamiento de energía y calor conforme a las necesidades.

Según la invención, la desorción primaria y secundaria se llevan a cabo aquí mediante varias etapas de presión conectadas en serie, como se muestra a modo de ejemplo en la figura 3, conectándose las etapas de presión de la desorción primaria en serie o en paralelo a las de la desorción secundaria y calentándose preferiblemente mediante el calor sensible del portador de calor o del vapor comprimido, mientras que las etapas de la desorción secundaria funcionan mediante la condensación del vapor de desorción procedente de la desorción primaria y de la etapa de desorción secundaria respectivamente preconectada.

Según la invención, ambos procesos cíclicos, es decir, el proceso de energía, calor o energía y calor y el proceso cíclico de la solución alcalina, están conectados de manera que, por una parte, el vapor generado por el calor de absorción en el proceso cíclico de la solución alcalina y aumentado en presión se aporte aguas arriba de un dispositivo con el fin de realizar un trabajo técnico como, por ejemplo, una máquina motriz, por ejemplo, una turbina de vapor o un motor de vapor, al procedimiento de energía, calor o energía y calor y, por otra parte, de manera que la energía térmica externa necesaria para el enriquecimiento de la solución alcalina se tome del procedimiento de energía, calor o energía y calor y se suministre a la desorción en el proceso cíclico de la solución alcalina directamente y/o a través de portadores de calor como calor sensible, por ejemplo, de gases de escape, agua de enfriamiento, energía eléctrica, vapor comprimido, etc.

Por lo tanto, otro objetivo de la invención consiste en un procedimiento para la conversión y el almacenamiento de energía, así como para su recuperación en función de la demanda en centrales eléctricas, centrales de calefacción y centrales combinadas eléctricas y de calefacción mediante procesos de sorción de vapor de agua con soluciones alcalinas, por ejemplo, hidróxidos metálicos, caracterizado por que en los circuitos de vapor de los procesos de producción de energía eléctrica y de calefacción se integra una solución alcalina, preferiblemente sosa cáustica, cuya concentración se modifica cíclicamente mediante absorción y desorción de vapor de agua dentro de límites predeterminados, tal como se define en la reivindicación 8. En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones preferidas.

En este caso, el cambio cíclico de la concentración de solución alcalina dentro de unos límites predeterminados se lleva a cabo preferiblemente mediante la absorción y desorción continuas y retardadas de vapor de agua según la invención antes descrita, incluidas sus configuraciones preferidas (es decir, como se define en la reivindicación 1 y en las reivindicaciones dependientes).

En la figura 4 se representa a modo de ejemplo cómo en el proceso de sorción (proceso cíclico de la solución alcalina) según la invención en centrales eléctricas de vapor, turbinas de gas o motores con preferiblemente procesos de planta de calor y electricidad, compuestos por una caldera de vapor con combustión de combustible o una caldera de calor residual, turbinas de vapor, condensadores de vapor de calentamiento y escape, bombas de alimentación y precalentamiento del agua de alimentación, se integra una solución alcalina, por ejemplo, un hidróxido metálico, preferiblemente en forma de sosa cáustica, como sustancia activa en el proceso cíclico de agua y vapor, cuya concentración cambia cíclicamente mediante la absorción y la desorción de agua en etapas, como absorción primaria y secundaria con respectivamente un rango de concentración fijo,

- instalándose un proceso de desorción, que aumenta la concentración de la solución alcalina con una aportación recuperativa de calor sensible y/o calor de condensación, paralelamente a la turbina de vapor o entre la turbina de vapor y los condensadores de vapor de calentamiento o de escape,
- disponiéndose un proceso de absorción paralelamente a la caldera de vapor o en lugar de ésta en el proceso cíclico de agua y vapor que en su primera etapa absorbe vapor de la turbina de vapor y que, a continuación, en las etapas siguientes absorbe el vapor autogenerado.

Según la invención resulta además ventajoso que la desorción y la absorción funcionen en el rango de presión de 0,01 - 100 bar, preferiblemente 0,025 - 50 bar, especialmente 0,03 - 50 bar, pudiendo funcionar la desorción y la absorción en el mismo rango de presión.

Según la invención resulta además ventajoso que

- con el fin de producir una solución alcalina rica y/o enriquecida por desorción, se aporte adicional o exclusivamente energía regenerativa, con preferencia para la generación de vapor de calentamiento recalentado mediante compresión, y/o que
- en el proceso de la central combinada eléctrica y de calefacción se integre un almacén de producto para los productos obtenidos mediante desorción, es decir, solución alcalina rica y/o enriquecida y agua, que funciona a presión y temperatura ambiente o ligeramente por encima de éstas, por ejemplo, a una presión de al menos aproximadamente 1,01 bar (abs.), de manera que se garantice que no pueda producirse ninguna transferencia de masa entre la solución alcalina y el aire ambiente (alternativamente, esto también puede tener lugar a través de una cubierta de gas inerte),

y la solución alcalina pobre y/o agotada producida mediante absorción, pudiendo almacenarse estos productos por separado unos de otros durante un período de tiempo ilimitado.

Según la invención resulta además ventajoso que

- 5 • los vapores de desorción de las etapas de presión de la desorción primaria se enfríen dentro de la desorción primaria o se aporten en estado recalentado directamente a las etapas de presión de la desorción secundaria como vapores de calentamiento y se condensen allí y/o que
- antes de cada etapa de presión de la desorción primaria, el calor disipado con la solución alcalina rica de la etapa de presión se transfiera recuperativamente a la solución alcalina enriquecida a aportar a esta etapa de presión, como se muestra en la figura 5, y/o que
- 10 • la solución alcalina pobre aportada a la desorción secundaria se precaliente recuperativamente, antes de su introducción en la etapa de presión respectiva, mediante el calor sensible del condensado de vapor y de la solución alcalina enriquecida a evacuar de estas etapas y/o que
- además del precalentamiento de la solución alcalina rica y/o enriquecida y del agua, el calor evacuado de las etapas de absorción con la solución alcalina pobre también se utilice para la generación de vapor de agua para la absorción y/o que
- 15 • la absorción se lleve a cabo en etapas de presión conectadas en serie por el lado del vapor y en paralelo por los lados de la solución alcalina y del agua (véase figura 6), de modo que el vapor producido por la transferencia recuperativa del calor de absorción a un proceso cíclico de vapor de agua en las etapas de absorción, que se caracteriza por una presión superior a la presión de ebullición de la solución alcalina en dependencia del rango de concentración de la solución alcalina, se introduzca desde la etapa que funciona respectivamente con una presión de absorción inferior en la etapa de absorción que funciona con una presión de absorción superior, y/o que
- 20 • la última etapa de absorción, además de generar vapor de absorción, sirva también para recalentar el vapor que se aporta como vapor vivo a la instalación de turbina de vapor/máquina motriz integrada en el procedimiento, en su caso integrada en ambos procesos cíclicos, a fin de realizar un trabajo técnico, y/o que
- 25 • la instalación de turbina de vapor integrada en el proceso se conciba como una turbina de extracción a contrapresión, de manera que el vapor a contrapresión o el vapor de extracción tenga el nivel de presión de la primera etapa de absorción y se aporte a ésta y/o que
- el vapor vivo aportado de la absorción a la instalación de turbina de vapor/máquina motriz se recaliente mediante calor sensible externo aguas arriba de la máquina motriz y/o que
- 30 • el vapor de desorción procedente de la desorción primaria y/o de la desorción secundaria, alternativamente a su condensación en la condensación del vapor de calentamiento o de escape, se aporte a la absorción a una presión ligeramente superior con respecto a la de la primera etapa de absorción.

Según la invención, la desorción y la absorción pueden funcionar preferiblemente de forma independiente en el tiempo en el sentido de una "central térmica de acumulación".

- 35 Las distintas etapas de desorción y absorción según la invención funcionan isobáricamente con temperaturas de ebullición deslizantes predeterminadas por los límites de concentración de la solución alcalina aportada y evacuada y por el nivel de presión elegido de la desorción y/o de la absorción. En caso de una presión de funcionamiento de, por ejemplo, 10 bar, esta diferencia de temperatura es de aproximadamente 80 Kelvin durante la desorción en el rango de concentración de la solución alcalina aportada de 0,52 kg de NaOH/kg de solución alcalina y de la solución alcalina evacuada de 0,74 kg de NaOH/kg de solución alcalina. En el caso de la absorción, las relaciones de concentración de la solución alcalina aportada y evacuada se invierten, pero la diferencia de temperatura es la misma, 80 Kelvin.

- 40 Por lo tanto, para garantizar un modo de funcionamiento termodinámicamente óptimo y teniendo en cuenta la densidad de la solución alcalina, que depende de la concentración, el enriquecimiento de la solución alcalina en las etapas de desorción se realiza ventajosamente a través de la altura de la etapa de desorción respectiva de arriba abajo, controlándose la concentración a través de la altura mediante la aportación recuperativa del calor de desorción.

- 45 En las etapas de presión de la absorción resulta conveniente aportar la solución alcalina a empobrecer a la etapa de presión respectiva desde arriba y evacuarla de la etapa de presión a la temperatura del extremo inferior de ebullición.

- En el caso de la evacuación según la invención del calor de absorción, que se produce a una temperatura deslizante, a un sistema isotérmico de evaporación de agua, la disipación del condensado de vapor de la etapa de absorción respectiva se realiza aproximadamente a la temperatura de condensación, mientras que la disipación de la solución alcalina empobrecida se realiza aproximadamente a la temperatura correspondiente a su temperatura de ebullición bajo la presión de la etapa de absorción.
- 50

- La presente invención puede diseñarse de diversas maneras y optimizarse para tareas específicas mediante modos de funcionamiento en uno o varios rangos de concentración, así como en etapas de presión. Esta optimización puede llevarse a cabo en función de aspectos termodinámicos o técnicos del dispositivo y puede tener como consecuencia medidas opuestas. Así, por una parte, en zonas de alta concentración de solución alcalina resulta termodinámicamente conveniente utilizar el calor sensible de portadores de energía como gas residual, aceite térmico o agua para calentar
- 55

las etapas de presión diferentes en el nivel de presión, pudiendo aprovecharse en zonas de baja concentración el calor de condensación del vapor de agua externo o del vapor de agua de la desorción primaria y secundaria, pudiendo, por otra parte, resultar conveniente, como consecuencia del gran número de equipos, llevar a cabo la desorción primaria y secundaria en el mismo rango de concentración. Lo mismo ocurre con la absorción. Por lo tanto, desde un punto de vista termodinámico resulta especialmente conveniente realizar la absorción en un rango de baja concentración utilizando el calor de absorción para la generación de vapor en varias etapas de presión, de manera que la presión de ebullición aumente con cada etapa de absorción, y recalentar el vapor de la última etapa de absorción del rango de baja concentración antes de utilizarlo en un proceso de energía mediante el calor de una absorción con solución alcalina de mayor concentración. El mayor rendimiento del proceso cíclico de la solución alcalina se consigue cuando se aprovechan las diferencias de temperatura entre el comportamiento isobárico de ebullición de la solución alcalina y la condensación isotérmica del agua. Sin embargo, según la invención también se propone utilizar la diferencia de temperatura entre la absorción a alta concentración y la desorción a baja concentración para la configuración del proceso de energía.

Un uso alternativo o adicional de la invención consiste en la producción de condensado para el suministro de agua potable y agua de uso industrial. Esto se consigue mediante el desacoplamiento del condensado de la desorción producido, acoplando el vapor externo en la absorción obtenido por evaporación flash a partir de agua, por ejemplo, agua residual, o agua ambiental, como agua superficial o agua salada.

Los productos del proceso cíclico de la solución alcalina, es decir, la solución alcalina pobre, rica y enriquecida y el agua, se almacenan preferiblemente a presión ambiente en depósitos o depósitos internos dispuestos entre la absorción y la desorción del proceso cíclico de la solución alcalina, como se muestra a modo de ejemplo en la figura 2, y desde allí se aportan de nuevo, según sea necesario, al proceso de la solución alcalina (es decir, de acuerdo con el perfil de carga). Ventajosamente, los depósitos respectivos funcionan a una presión aproximada de como mínimo 1,01 bar (abs.), de manera que se garantice que no pueda producirse ninguna transferencia de masa entre la solución alcalina y el aire ambiente (alternativamente, esto también puede tener lugar a través de una cubierta de gas inerte). En principio, los depósitos también pueden funcionar a una temperatura superior o inferior a la temperatura ambiente. Según la invención, el almacenamiento de los productos de desorción y absorción se lleva a cabo preferiblemente en un depósito dividido en compartimentos que a su vez están divididos en cámaras, correspondiendo el volumen de las cámaras que forman los compartimentos a la relación de volumen de los productos. De este modo, la carga y descarga del depósito puede realizarse respectivamente a través de un compartimento, mientras que los otros compartimentos se llenan con los productos de desorción o absorción.

Las ventajas del procedimiento según la invención en comparación con el estado de la técnica resultan del hecho de que mediante la integración de los procesos cíclicos de la solución alcalina (procesos de sorción) en un proceso de energía de agua y vapor, también se puede producir, además de energía eléctrica y calor, una solución alcalina rica y/o enriquecida mediante el propio proceso de energía o mediante la energía aportada, preferiblemente energía regenerativa, que se puede almacenar simplemente a una presión fundamentalmente ambiente y utilizar conforme a las necesidades sin aportación de combustible para la producción de vapor vivo para el proceso de energía.

Resulta una ventaja especial de la capacidad de almacenamiento de tiempo ilimitado y con bajas pérdidas de los productos de solución alcalina ricos, enriquecidos y pobres y/o empobrecidos, así como del agua del proceso cíclico de la solución alcalina, y de la densidad de energía específica de este almacenamiento comparativamente alta en comparación con el estado de la técnica.

El almacenamiento preferiblemente separado de la solución alcalina pobre y rica, así como del agua, permite utilizar el procedimiento independientemente del tiempo y del lugar tanto en el suministro de energía como, también en la movilidad.

La invención permite especialmente la acción combinada de los sectores de energía convencional y regenerativa en beneficio mutuo. La misma evita paradas en ambos sectores, así como sobrecapacidades en la generación y transmisión de energía eléctrica, mejora la seguridad del suministro creando una reserva y permite la sustitución de combustibles fósiles y nucleares, así como un suministro energético local y regional independiente y autosuficiente con energía regenerativa.

Sin embargo, además de estas ventajas fundamentales, la invención también resulta ventajosa para el suministro de energía local, industrial y comercial para grandes accionamientos en el transporte marítimo y ferroviario. Así, el rendimiento de una central eléctrica de motor puede aumentarse hasta un 35% mediante la integración según la invención del proceso cíclico de la solución alcalina (procedimiento de sorción), lo que puede elevar el rendimiento de la central eléctrica del 40 a más del 50%. En relación con el calor acoplado de los gases de escape y del agua de enfriamiento se calcula un rendimiento de conversión de aproximadamente el 30% para la potencia adicional. Todavía no se conoce una tecnología para el aprovechamiento del calor de escape con valores mejores.

No obstante, la ventaja especial resulta de la capacidad de almacenamiento de los productos de sorción que pueden almacenarse durante el día, la semana o más tiempo y que, si se dispone de vapor de escape externo, permiten, por ejemplo, un funcionamiento de una central eléctrica de almacenamiento y calefacción basado en una central eléctrica de motor de 2 MW_{el} con una potencia pico de hasta 5 MW y una capacidad de almacenamiento de 10 MWh en funcionamiento diario y de 50 MWh en funcionamiento semanal. En centrales eléctricas de almacenamiento y

calefacción accionadas por compresión de vapor con acoplamiento de energía regenerativa aún pueden alcanzarse rendimientos considerablemente mayores.

Otra ventaja consiste en que, según la invención, el vapor para la absorción también puede ponerse a disposición mediante la evaporación flash de agua, como agua de enfriamiento, aguas residuales y aguas superficiales, incluida el agua salada hasta el nivel de temperatura ambiente, y que el mismo puede ser absorbido por la solución alcalina rica y/o la solución alcalina enriquecida. Este vapor se convierte preferiblemente en el procedimiento de sorción en condensado apto para agua potable.

Resulta además ventajoso para el uso local en municipios y comercios que, tras la desorción secundaria, el vapor de desorción siga presentando una calidad de vapor de calentamiento, de manera que durante los tiempos de funcionamiento de la desorción se pueda suministrar calor de calefacción además de la solución alcalina rica y enriquecida.

Otro ejemplo se refiere a un procedimiento para transformar y almacenar energía regenerativa y/o calor de escape convirtiéndola en energía química y física, así como almacenándola y liberándola de forma controlada, caracterizado por que

a. el vapor de agua se desorbe de soluciones acuosas de soluciones alcalinas, como sosa cáustica o potasa cáustica, mediante acoplamiento en energía regenerativa o calor de escape y se reabsorbe mediante disipación de energía, preferiblemente a presión ambiente, y por que la solución rica y pobre aquí producida, así como el agua, se almacenan independientemente unas de otras en depósitos,

b. si se dispone de energía solar regenerativa o de calor de escape procedente de procesos de conversión y aplicación de energía, el procedimiento funciona retirando la solución pobre del depósito correspondiente y aportándola a un desorbedor que se calienta recuperativamente mediante un circuito de portador de calor, preferiblemente un circuito de agua a presión,

c. el portador de calor fluye a través del recuperador en el desorbedor desde abajo hacia arriba mientras libera calor y la solución alcalina pobre se pulveriza por encima del recuperador de manera que ésta fluya hacia abajo por las paredes del recuperador mientras absorbe calor y aumenta la temperatura, se acumula en el fondo del desorbedor y desde allí se aporta al depósito correspondiente como solución rica a temperatura de ebullición,

d. el circuito del portador de calor se calienta continuamente mediante una bomba de calor o calor de escape procedente de procesos de conversión o aplicación de energía hasta un nivel de temperatura que permita la desorción de la solución alcalina pobre hasta un enriquecimiento óptimo para el proceso global a presiones que permitan una condensación del vapor de agua resultante a temperatura ambiente, por ejemplo, 0,025 bar,

e. si el circuito del portador de calor se calienta mediante una bomba de calor, la condensación del vapor de agua generado durante la desorción tiene lugar en el evaporador del sistema de la bomba de calor y el condensado de vapor de agua se suministra al depósito correspondiente y desde allí, si es necesario, al absorbedor o a terceros, por ejemplo, como agua potable,

f. en caso de suministro insuficiente de energía solar regenerativa o de calor de escape para el suministro de energía, la solución enriquecida se toma del depósito correspondiente y se aporta al mismo tiempo con vapor a un absorbedor que funciona bajo una presión de vapor entre la presión del desorbedor y una evaporación flash del agua de circulación que enfría la absorción,

g. el vapor necesario para la absorción se genera mediante la evaporación flash del agua de circulación procedente del enfriamiento recuperativo del absorbedor o de agua ambiente que hierve al vacío, preferiblemente agua marina de superficie,

h. según la invención, la solución rica aportada desde un depósito al absorbedor se pulveriza por encima del recuperador instalado en el absorbedor para la absorción a temperatura controlada del calor de absorción, de manera que ésta reaccione con el vapor de agua en las paredes del recuperador con enfriamiento, fluya y se acumule en el fondo del absorbedor como solución pobre,

i. la solución pobre que se acumula en el fondo del absorbedor se enfría en los recuperadores mediante el condensado de vapor interno del proceso procedente de la desorción y la solución rica se enfría antes de aportarse al depósito para la solución pobre.

En este caso resulta preferible que

- el agua a presión procedente del enfriamiento del absorbedor se aporte a una evaporación flash de presión controlada que enfríe el agua a presión y proporcione vapor de proceso,

- el vapor flash se aporte al absorbedor directamente o tras el suministro de trabajo técnico en una máquina de expansión, configurándose la expansión de forma variable con respecto a la contrapresión a efectos de control y optimización del proceso,

- el agua enfriada pero aún caliente procedente de la evaporación flash se aporte de nuevo al circuito de agua a presión aumentando la presión, bien directamente o a través de un recuperador que alimenta un disipador térmico externo.

Además resulta preferible que, al utilizar la invención para el suministro de agua,

- el agua superficial caliente o el agua calentada mediante bombas de calor, colectores solares o calor de escape se someta a evaporación flash en vacío, que el vapor generado se aporte a la absorción de la segunda etapa del proceso y que el agua así aportada al proceso se expulse de la solución pobre como vapor de agua mediante desorción por debajo de la presión de absorción, condensándose este último y suministrándose el condensado a terceros como agua de calidad potable,

- que el calor de absorción de la segunda etapa del proceso se utilice para la desorción de la solución pobre de la primera etapa del proceso,

- que la condensación del vapor de desorción tenga lugar en un evaporador de un sistema de bomba de calor que aporta el calor de condensación de la sustancia activa a una evaporación flash del agua ambiente, a un suministro de calefacción o a un suministro de agua caliente,

- que el suministro de agua potable se acople a un suministro de calefacción o de agua caliente.

También resulta preferible que la primera y la segunda etapa de proceso funcionen independientemente una de otra en cuanto a tiempo y ubicación, tanto en funcionamiento estacionario, como también móvil.

Otro ejemplo se refiere a un procedimiento para almacenar y recuperar energía eléctrica, calor y agua en o a partir de un proceso cíclico con soluciones acuosas de soluciones alcalinas, como la sosa cáustica o la potasa cáustica, mediante desorción y absorción de vapor de agua a lo largo de un gradiente de concentración predeterminado de la solución con los productos intermedios solución rica y agua, así como solución pobre, caracterizado por que

- en un proceso cíclico continuo y reversible preferiblemente cerrado, en el que un circuito con solución acuosa, preferiblemente la sosa cáustica o la potasa cáustica, se combina con procesos cíclicos de vapor de agua materialmente de forma directa y térmica mediante transferencia de calor recuperativa mutua, de manera que el agua y la solución como reactivos pasen cíclicamente por el proceso cíclico con las etapas de proceso desorción y absorción, almacenándose los productos intermedios aquí formados, solución rica y agua, por una parte, y solución pobre, por otra parte, como potenciales con diferentes niveles energéticos en un depósito a presión y temperatura ambiente y aportándose de nuevo desde allí al proceso cíclico según sea necesario,

- por que en el proceso cíclico, por una parte, la concentración de la solución pobre, que se aporta desde un depósito, aumenta hasta el nivel de concentración de la solución rica mediante la liberación escalonada desortiva de vapor de agua, aportándose de forma recuperativa a la solución pobre en una primera etapa de desorción la energía térmica preferiblemente mediante la condensación de vapor de agua de un proceso de vapor de agua y bomba de calor accionada eléctricamente, condensándose el vapor de agua, producido por la desorción en ésta y en las siguientes etapas de desorción a una presión gradualmente decreciente, en agua en las respectivas etapas de desorción posteriores con liberación recuperativa de su calor de condensación a la solución enriquecida que fluye igualmente desde las etapas de desorción anteriores, no utilizándose preferiblemente una parte o todo el vapor de desorción de la etapa de desorción, que funciona a una presión de desorción de aproximadamente 1 bar, directamente como vapor de calentamiento en la siguiente etapa de desorción, sino aportándose a un proceso de vapor de agua y bomba de calor como sustancia activa, aumentando su presión en esta última mediante compresión y aportándose a continuación a la primera etapa de desorción como vapor de calentamiento a una presión de hasta 20 bar aproximadamente, completando así el proceso cíclico y transportándose el condensado de las etapas de desorción calentadas recuperativamente y la solución rica de la última etapa de desorción, que funciona preferiblemente mediante evaporación flash hasta el nivel de temperatura ambiente, a un depósito que funciona a presión y temperatura ambiente,

- por que, por otra parte, en el proceso cíclico la concentración de la solución rica se reduce cíclicamente de forma escalonada hasta el nivel de concentración de la solución pobre mediante la disipación de energía térmica, aportándose gradualmente a la solución rica, aportada desde un depósito a un proceso de absorción, a una presión creciente escalonada vapor de agua ligado a ésta por absorción y generado mediante una transferencia recuperativa escalonada del calor de absorción al agua aportada desde un depósito, no utilizándose el calor de absorción de la primera etapa de absorción, a la que llega la solución rica, directamente como vapor de absorción, sino para la generación de vapor vivo a una presión de hasta 20 bar aproximadamente y una temperatura de hasta 340°C aproximadamente que, mediante un proceso de energía de vapor y agua, libera de nuevo la exergía aportada durante la desorción, preferiblemente en forma de energía eléctrica, y cierra el proceso de vapor mediante la aportación de vapor expandido como vapor de absorción a la última etapa de absorción, mientras que el agua aportada, ligada a la solución, se devuelve al depósito tras el uso recuperativo interno del proceso de su calor sensible para precalentar la solución pobre suministrada y el agua como solución pobre con una temperatura aproximadamente ambiente.

En este caso resulta preferible que el calor se aporte de forma recuperativa a la primera etapa de desorción del vapor de agua en la concentración más baja de la solución alcalina en el proceso cíclico a una temperatura tan alta que la presión del vapor de agua que se forma sobre la solución, preferiblemente superior a 5 bar aproximadamente, sea suficiente para calentar la etapa posterior por condensación, teniendo lugar la segunda etapa de desorción a calentar a una mayor concentración de la solución que la primera etapa de desorción, pero a una temperatura de ebullición más baja debido a la reducción de presión y caracterizando también el acoplamiento de las etapas de desorción en el lado del vapor las etapas de desorción posteriores.

En este caso resulta además preferible que el calor de alta temperatura se ponga a disposición preferiblemente mediante vapor de agua que se condensa a una presión adecuada y que se ha generado por compresión del vapor interno del propio proceso cíclico o externamente.

5 Aquí resulta además preferible que al menos una de las etapas de desorción funcione a una presión de vapor de aproximadamente 1 bar y que al menos una parte del vapor de desorción generado se aporte a una compresión de vapor o a otra utilización externa, llevándose a cabo a continuación la desorción en vacío hasta la concentración deseada de la solución a una presión de vapor tal que el vapor de desorción pueda condensarse a temperatura ambiente.

10 Resulta además preferible que la primera etapa de la absorción se lleve a cabo aportando a la solución con la concentración más alta en el proceso cíclico vapor de agua a una presión elevada, preferiblemente superior a 5 bar aproximadamente, que se liga a la solución y que se ha producido en el proceso de vapor de agua de la segunda etapa de absorción posterior mediante transferencia recuperativa del calor de absorción con una reducción adicional de la concentración de la solución y a una presión y temperatura inferiores con respecto a las de la primera etapa de absorción, y caracterizando también este acoplamiento en el lado del vapor las siguientes etapas de absorción.

15 En este caso también resulta preferible que el gradiente de concentración de la solución se determine en la primera etapa de absorción, de manera que el calor de absorción se transfiera recuperativamente a alta temperatura al proceso de vapor de agua y que el vapor producido en esta etapa, en su caso después del recalentamiento, se aporte a una expansión que realiza un trabajo técnico o a un uso externo como vapor de proceso o de calefacción, tomándose preferiblemente del proceso de expansión el vapor de agua reducido en presión, preferiblemente a aproximadamente 20 1 bar, y aportándose el mismo como vapor de absorción a una de las etapas de absorción que funciona con la menor concentración de la solución en el proceso cíclico.

25 En este caso resulta además preferible que a la última etapa de absorción, que funciona con la concentración más baja de la solución en el proceso cíclico, se le aporte el vapor de agua producido por evaporación flash de aguas residuales, agua de mar o agua superficial en vacío, preferiblemente a temperatura ambiente, aportándose el calor de absorción resultante en la primera etapa de absorción a una utilización o descargándose al medio ambiente, aportándose el agua suministrada con el vapor de agua de la última etapa de absorción, ligada a la solución alcalina, como solución pobre al proceso cíclico y retirándose la misma de la etapa de desorción del proceso cíclico como destilado para una preparación de agua potable o de agua para uso industrial.

30 También resulta preferible que, cuando el vapor de agua hirviendo al vacío se acopla a la etapa de proceso de absorción, ésta se acople a una etapa de proceso opuesta de desorción que funciona a una temperatura media inferior con respecto a la de la absorción con una aportación recuperativa del calor de absorción y que el vapor de desorción resultante se condense a temperatura ambiente, suministrándose el condensado como destilado a la preparación de agua potable y agua para uso industrial.

35 Además, también resulta preferible que los productos intermedios del proceso cíclico de solución rica y agua, así como de solución pobre, se almacenen por separado unos de otros a presión y temperatura ambiente en un depósito, extrayéndose los mismos del depósito de forma controlada y aportándose a las etapas de proceso del proceso cíclico, dividiéndose el depósito en compartimentos y dividiéndose cada compartimento en dos cámaras, almacenándose en las cámaras los productos intermedios de la desorción, la solución rica y el agua, separados unos de otros, recibiendo los compartimentos la solución pobre de la etapa de proceso de absorción a través de ambas cámaras, llenándose 40 preferiblemente una cámara para la solución rica y el agua y un compartimento con la solución pobre sólo parcialmente y funcionando el depósito con un espacio vacío mínimo.

El sistema de conversión y almacenamiento de energía según la invención comprende

45 • una unidad para el acoplamiento de energía obtenida externamente, por ejemplo, energía térmica generada regenerativamente, como energía solar, energía geotérmica o energía eólica y solar convertida en energía térmica, o energía eléctrica, también procedente de procesos convencionales, especialmente como energía de compresión, o calor de escape procedente de instalaciones industriales, incluidas centrales eléctricas, por ejemplo, en forma de agua de enfriamiento o vapor de agua;

50 • una unidad para la realización de un proceso cíclico de solución alcalina que comprende al menos un desorbedor y al menos un absorbedor, pudiendo éstos diseñarse respectivamente multietapa, para la desorción o absorción de vapor de agua de o en la solución alcalina en el sentido de la presente invención, y un depósito de sustancia activa conectado a la misma para el almacenamiento de la solución alcalina pobre, la solución alcalina enriquecida/rica y el condensado de vapor de agua, que está conectado entre el desorbedor y el absorbedor y que funciona preferiblemente a presión ambiente y temperatura ambiente o superior, pudiendo los respectivos depósitos disponerse también separados en el espacio; y

55 • una unidad para el acoplamiento de la energía almacenada, por ejemplo, en forma de trabajo técnico, calor o energía eléctrica, especialmente mediante la conversión de vapor en electricidad, estando

• la unidad para el acoplamiento de la energía generada externamente conectada al menos a un desorbedor directamente y/o a través de un sistema portador de calor para la transferencia recuperativa de calor,

- estando el absorbedor acoplado adicionalmente a un dispositivo para generar vapor vivo, especialmente vapor vivo recalentado, mediante el calor de absorción que se genera o un recalentador de vapor,
- y estando el dispositivo para la generación de vapor vivo conectado por el lado del vapor a la unidad para el desacoplamiento de la energía almacenada.

5 Según la invención, estas unidades o sus dispositivos se configuran de manera que los recipientes exteriores que transportan la presión interna del proceso de sorción se soliciten en el interior con vapor de agua, de manera que los componentes interiores portadores de la solución alcalina de las etapas de desorción y absorción se liberen de presión.

10 El sistema de almacenamiento de energía según la invención se realiza preferiblemente como central térmica de almacenamiento, conectándose la unidad para el acoplamiento de la energía obtenida externamente especialmente a una central eléctrica convencional (central eléctrica de motor, de carbón o de gas). En este caso, el calor de escape de los gases de escape y/o del agua de enfriamiento se transfiere de forma recuperativa directamente y/o a través de un portador de calor al desorbedor para la producción de una solución alcalina enriquecida.

15 Para liberar la energía así almacenada, por ejemplo, durante los períodos de carga máxima de la red eléctrica, la solución alcalina enriquecida se carga con vapor en el absorbedor y el calor de absorción liberado se utiliza para la generación de vapor vivo (por ejemplo, vapor vivo con una presión de hasta 60 bar y una temperatura de más de 360°C) que puede utilizarse para el desacoplamiento de energía térmica o energía eléctrica (tras su conversión en electricidad mediante un generador eléctrico con turbina de contrapresión de extracción).

20 En otra realización preferida del sistema de almacenamiento de energía según la invención, éste se diseña alternativa o adicionalmente como una planta desalinizadora de agua de mar, poniéndose a disposición el vapor para la absorción, que se lleva a cabo a una temperatura superior en comparación con la temperatura del vapor saturado del vapor flash, en la solución alcalina mediante evaporación flash del agua salada que se produce en el desarrollo posterior del proceso cíclico de la solución alcalina durante la desorción como condensado apto para agua potable y que se evacúa.

La presente invención también se refiere a todas las combinaciones de realizaciones preferidas, como se indica especialmente en las reivindicaciones dependientes, siempre que éstas no sean mutuamente excluyentes.

25 Las indicaciones "aproximadamente" o "aprox." en relación con una indicación numérica significan que se incluyen al menos valores superiores o inferiores en un 10% o valores superiores o inferiores en un 5% y, en cualquier caso, valores superiores o inferiores en un 1%.

La invención se explica a la vista de las figuras 1 - 6 y de los siguientes ejemplos 1 a 3, pero sin limitarse a las formas de realización específicamente descritas.

30 Aquí las figuras muestran:

Figura 1: el acoplamiento según la invención de la energía de desorción a través de una bomba de calor que absorbe el calor de condensación del vapor de desorción, la recuperación de energía mediante la expansión del vapor flash y la alimentación del vapor flash a partir de agua residual o agua de mar.

35 Figura 2: la desorción según la invención en varios niveles de concentración mediante vapor de desorción comprimido por etapas y la absorción escalonada en presión y concentración.

Figura 3: una forma de realización de la invención con una desorción escalonada a lo largo de dos rangos de concentración, que comprende una desorción primaria y una desorción secundaria, y con una absorción.

40 Figura 4: la integración según la invención de un proceso cíclico de solución alcalina en el proceso cíclico de centrales eléctricas de vapor, de turbina de gas o de motor con preferiblemente procesos de central eléctrica de calefacción, que consiste en una caldera de vapor con disparo de combustible o en una caldera de calor de escape, turbinas de vapor, condensadores de vapor de calentamiento y de escape, bombas de alimentación y precalentadores de agua de alimentación.

Figura 5: una transferencia de calor recuperativa según la invención en la desorción primaria desde la solución alcalina rica evacuada de la etapa de presión hasta la solución alcalina enriquecida a aportar a esta etapa de presión.

45 Figura 6: una realización según la invención de la absorción en etapas de presión conectadas en serie en el lado del vapor y en paralelo en los lados de la solución alcalina y del agua.

50 Como se representa a modo de ejemplo en la figura 1, la conversión y el almacenamiento de energía, como el calor procedente de bombas de calor (5'), colectores solares o calor de escape de conversiones o aplicaciones energéticas (7'), incluidos los procedimientos convencionales, tienen lugar en la primera etapa del proceso (A') (la desorción) de un proceso cíclico de solución alcalina, aportándose a una solución alcalina, por ejemplo, una sosa cáustica acuosa, de menor concentración (solución alcalina pobre, 1') energía externa y aumentándose su concentración mediante la liberación de vapor de agua (11').

55 Para la recuperación en función de la demanda (es decir, según el perfil de carga, por ejemplo, de la red eléctrica) de la energía externa suministrada, la solución alcalina de mayor concentración (solución alcalina rica, 4') obtenida en la etapa de proceso (A') se aporta en la segunda etapa de proceso (B') (la absorción) de un proceso cíclico de solución alcalina con vapor (25'), que se genera mediante evaporación flash del agua del circuito (23') del enfriamiento

recuperativo del absorbedor (22') o del agua ambiente hirviendo al vacío (26', C'), preferiblemente agua superficial del mar, a un absorbedor (24') que funciona bajo una presión de vapor entre la presión del desorbedor (20') y la evaporación flash del agua de circulación (23') que enfría la absorción.

El calor liberado por la absorción de vapor de agua en la solución alcalina rica se acopla como energía eléctrica mediante transferencia de calor recuperativa y evaporación flash del agua de circulación en un tambor de vapor (32'), así como mediante la posterior extracción del vapor flash expandido en una unidad de turbina de vapor (33').

La figura 2 muestra una forma de realización de la invención como un proceso cíclico termoquímico reversible cerrado con soluciones alcalinas acuosas, por ejemplo, soluciones de sosa cáustica o potasa cáustica, con un depósito atmosférico integrado (1") para solución alcalina rica (4") y agua (3"), así como para solución alcalina pobre (2"), que comprende las etapas de proceso de desorción ("B", "C") y absorción ("A"), por las que pasa de forma escalonada la solución alcalina a presión, aportándose la energía externa (20", 38"), preferiblemente mediante compresión de vapor y condensación de vapor de agua, a la primera etapa de desorción (7") a la que también se aporta la solución alcalina pobre (2") y que funciona bajo presión aumentada, llevándose a cabo el calentamiento de las demás etapas de desorción mediante vapor de desorción (13", 45"), mientras que la recuperación de la energía de la primera etapa de absorción (29"), a la que se aportan la solución rica (4") y el vapor de absorción producido en la etapa de absorción posterior (30", 31") mediante el uso de calor de absorción a presión elevada, se realiza a través de un proceso de energía de vapor acoplado (25", 33") o mediante un desacoplamiento recuperativo de calor.

Como se representa a modo de ejemplo en la figura 3, el sistema o procedimiento según la invención para la conversión y el almacenamiento de energía obtiene la energía externa de los gases de escape 12.6, por ejemplo, de una central eléctrica de motor, que se transfiere recuperativamente en forma de calor al desorbedor 12.1 del proceso cíclico de sorción 12, especialmente la desorción primaria 12.1.1, en la que la solución alcalina existente se enriquece mediante la desorción de vapor de agua.

En la forma de realización mostrada, el agua, por ejemplo, aguas residuales o aguas superficiales/agua salada 14.2, se somete adicionalmente a una evaporación flash 14.3 que funciona mediante energía (calorífica) obtenida preferiblemente de forma regenerativa 14, como energía solar 14.1 o energía geotérmica. El exceso de calor se transfiere recuperativamente al desorbedor 12.1 por medio de un portador de calor 14.4. El vapor flash 14.3 se comprime y se aporta como vapor de calentamiento comprimido 12.7 a la desorción secundaria 12.1.2, en la que tiene lugar un enriquecimiento adicional de la solución alcalina. La compresión del vapor flash 14.3 se acciona preferiblemente utilizando energía regenerativa 12.8. La energía externa 14 puede proceder adicional o alternativamente de procesos convencionales.

La solución alcalina enriquecida y/o rica obtenida como resultado de la desorción puede almacenarse en la zona 13.3 del depósito de sustancia activa 13 previsto para este fin y puede extraerse de nuevo del mismo según sea necesario y aportarse al absorbedor. De forma correspondiente, la solución alcalina pobre obtenida como resultado de la absorción puede almacenarse en la zona 13.2 del depósito de sustancia activa 13 previsto para este fin y extraerse de nuevo del mismo según sea necesario y aportarse al desorbedor. De este modo se garantiza el circuito de solución alcalina 12.3.

El vapor de agua liberado en la desorción puede aportarse a través del purgador de condensados 12.5 a la zona 13.1 del depósito de sustancia activa 13 previsto a tal efecto y/o aportarse a través del conducto de alimentación 11.1 a una generación de vapor (vivo) 12.2 acoplada a la absorción y/o a una caldera de vapor 11.2 de un proceso externo de calefacción/central eléctrica, preferiblemente aquella, cuyo gas residual 12.6 se utiliza.

El vapor de absorción 12.4 se alimenta desde una turbina de contrapresión de extracción 11.3 del proceso de energía de agua y vapor 11, que funciona con vapor vivo 11.9 de la caldera de vapor 11.2, y/o vapor flash 14.3 y/o vapor de calentamiento y/o vapor de agua liberado de la desorción.

El vapor residual 11.6, en su caso, con la adición de vapor de calentamiento de la desorción (12.10), y el vapor de extracción 11.4 de la turbina de contrapresión de extracción 11.3 con generador eléctrico se aportan a una condensación (11.5 o 11.7) y pueden utilizarse, por ejemplo, descargarse del sistema como condensado apto para agua potable o como elemento de calefacción o aportarse a través del conducto de alimentación 11.1 a la generación de vapor (vivo) 12.2 acoplada a la absorción y/o a la caldera de vapor 11.2 del proceso externo de calefacción/central eléctrica.

El vapor vivo 12.9 procedente de la generación de vapor (vivo) 12.2 acoplada a la absorción se aporta a la turbina de contrapresión de extracción 11.3 con generador eléctrico, a fin de garantizar una descarga de energía eléctrica 11.8 en función de la demanda (es decir, de acuerdo con el perfil de carga de la red eléctrica).

Por consiguiente, según la invención, el calor de escape 12.6 y, en su caso, la energía regenerativa 14 se utilizan para generar mediante desorción la solución alcalina enriquecida o rica que se almacena en el depósito 13.3. Si es necesario, por ejemplo, durante los períodos de máxima carga de la red eléctrica, la solución alcalina enriquecida o rica se aporta al absorbedor. El calor de absorción aquí liberado se utiliza en la generación de vapor (vivo) acoplado 12.2 para la generación de vapor vivo 12.9 que se desacopla del proceso de sorción 12 mediante el trabajo técnico de la turbina de contrapresión de extracción 11.3 con generador eléctrico y que se acopla al proceso de energía de agua y vapor 11.

La figura 4 se refiere a la configuración ventajosa según la invención de la desorción con desorción primaria 21 y desorción secundaria 22. Tanto la desorción primaria 21, como también la desorción secundaria 22 son preferiblemente de varias etapas, en este caso, al menos de dos etapas (22.1 y 22.2, así como 21.1 y 21.2).

5 A la primera y a la segunda etapa de desorción primaria 21.1 y 21.2 se les aporta energía externa en forma de calor, por ejemplo, a partir de un enfriamiento (gradual) de gas de escape o de vapor de calentamiento de una central eléctrica de motor.

10 La solución alcalina enriquecida 21.4 producida como resultado de la desorción primaria 21 se descarga de la respectiva etapa de desorción primaria 21.1 y 21.2 a un precalentamiento 25 de solución alcalina enriquecida 21.3 que a su vez se aporta a la respectiva etapa de desorción primaria 21.1 y 21.2 después de la transferencia de calor recuperativa.

El vapor de calentamiento y/o el vapor liberado en la etapa de desorción primaria 21.1 y 21.2 sirven para el calentamiento recuperativo 24 de las etapas de desorción secundarias 22.1 y 22.2. El condensado de vapor 28 resultante se utiliza para el precalentamiento recuperativo 26 de la solución alcalina pobre 27 que se aporta a las etapas de desorción secundarias 22.1 y 22.2.

15 Ventajosamente, el vapor de calentamiento procedente de y/o liberado en la primera etapa de desorción secundaria 22.1 puede utilizarse adicionalmente para el calentamiento recuperativo de otras etapas de desorción secundarias 22.2.

20 La solución alcalina enriquecida 29 producida como resultado de la desorción secundaria 22 se descarga de la respectiva etapa de desorción primaria 22.1 y 22.2 en el precalentamiento recuperativo 26 de la solución alcalina pobre 27 que a su vez se aporta a la respectiva etapa de desorción secundaria 22.1 y 22.2 después de la transferencia de calor recuperativa.

Ventajosamente, la solución alcalina enriquecida 29 de la desorción secundaria 22 puede aportarse como solución alcalina enriquecida 21.3 al precalentamiento 25 de la respectiva etapa de desorción primaria 21.1 y 21.2.

25 La figura 5 muestra una realización preferida de la absorción en varias (aquí: al menos dos) etapas de presión 31 y 32 conectadas en serie por el lado del vapor y en paralelo por los lados de la solución alcalina y del agua. La solución alcalina rica o enriquecida procedente de la desorción o del almacenamiento de sustancia activa, así como, en su caso, el agua de alimentación, se aportan a las etapas de absorción (presión) 31 y 32 a través de un precalentamiento de solución alcalina y agua de alimentación 35.

30 El vapor de desorción 39 y/o el vapor de contrapresión 38 de una turbina de vapor de contrapresión (de extracción) 34 integrada en el proceso se aportan a la primera etapa de absorción (presión) 31.

El vapor de absorción interno 36 de la primera etapa de absorción (presión) 31 se aporta a la segunda etapa de absorción (presión) 32 y, en su caso, el vapor de absorción interno 36 de esta segunda etapa de absorción (presión) 32 se aporta a otra etapa de absorción (presión), etc.

35 Preferiblemente, la última etapa de absorción sirve para la generación de vapor vivo recalentado 37 aquí por medio de un recalentador de vapor 33. El vapor vivo 37 se aporta a la turbina de contrapresión de extracción 34. Por lo tanto, la energía almacenada en el proceso de absorción se desacopla del proceso de absorción 12 a través del trabajo técnico de la turbina 34 y se acopla a un proceso de energía externo de vapor de agua.

Ejemplos de realización

La invención se describe a modo de ejemplo con 3 ejemplos de realización.

40 Ejemplo de realización 1

La siguiente descripción y la figura 1 muestran un ejemplo de realización del procedimiento según la invención.

En el ejemplo, el procedimiento trabaja con soluciones acuosas de sosa cáusticas de diferentes concentraciones, formando las masas almacenadas de las soluciones con concentraciones altas y bajas el potencial energético, de acuerdo con la diferencia de la energía químicamente ligada.

45 En una primera etapa de proceso (A'), la concentración de la sosa cáustica se eleva de un 30 a 60% (solución pobre/solución alcalina pobre) (1') a un 60 a 80% (solución rica/solución alcalina rica) (4') en un desorbedor (20') mediante la aportación recuperativa de calor sensible a través de un circuito de portador de calor (2') que utiliza preferiblemente agua como portador de calor. Para ello, la solución pobre se toma del depósito (21'), se suministra a través de (1') al desorbedor (20') y se pulveriza finamente allí mediante el recuperador (3'), que toma el calor de desorción del circuito de agua a presión (2') y lo transfiere recuperativamente a la solución pobre (1'), teniendo lugar la transferencia de calor a la solución alcalina en contracorriente a la dirección de flujo de la solución alcalina.

50 El calor necesario para la desorción se proporciona bien mediante una bomba de calor (5'), que utiliza, por ejemplo, dióxido de carbono como sustancia activa que transfiere energía térmica del estado supercrítico al circuito de portador de calor (2') a través del recuperador (6'), o bien mediante colectores solares o calor de escape de la conversión o aplicación de energía (7') que calienta el circuito de portador de calor (2') a través del recuperador (8').

Esta primera etapa del proceso funciona especialmente de acuerdo con la disponibilidad de energía regenerativa, como la radiación solar o el viento o el calor de escape, a temperaturas de ebullición de la solución de 30 a 150°C de forma isobárica con una presión de vapor que permite una condensación del vapor de agua resultante (9') en el condensador (10') mediante la evaporación de la sustancia activa del proceso de bomba de calor a temperatura ambiente, por ejemplo, 0,023 bar. En caso de calentamiento del circuito del portador de calor mediante radiación solar o calor de escape (7'), el calor de condensación del vapor procedente de la desorción debe disiparse al entorno o a un circuito de agua a presión adicional.

El condensado de agua (11') se almacena en el depósito (12') y la solución rica (4') se almacena en el tanque (13').

La segunda etapa de proceso (B') según la invención se pone en funcionamiento cuando no hay suficiente energía regenerativa, como radiación solar o viento, o calor de escape disponible para el suministro directo con energía eléctrica y calor, pero el suministro debe mantenerse.

Con esta finalidad, en función de la necesidad de suministro se toma de forma controlada agua del depósito (12') a través de (14') y solución rica del depósito (13') a través de (15') y se aportan al absorbedor (24') mediante los recuperadores (16') a través de (18') o (17') mediante (19') y se pulverizan finamente allí a través del recuperador (22'). Al mismo tiempo, el vapor de agua (25') tomado del circuito de agua a presión (23') o suministrado por fuentes externas se aporta al absorbedor (24') desde abajo.

Según la invención, una fuente externa como ésta para vapor de agua es un recipiente de vacío (26') de la tercera etapa de proceso (C'), al que se aporta agua ambiente (27'), por ejemplo, agua de mar caliente, y del que se descarga agua de mar (29') a través de (30') enfriada mediante evaporación flash (28'), manteniéndose el vacío necesario para la evaporación flash (28') mediante la reacción química del vapor flash con la solución rica (19') en el absorbedor (24'). Según la invención, la masa de agua introducida con el vapor flash externo (31') puede retirarse del procedimiento según la invención como agua potable del depósito (12') y aportarse a un suministro externo de agua potable.

En este ejemplo, el desacoplamiento según la invención de energía eléctrica se realiza mediante evaporación flash del agua del circuito en un tambor de vapor (32'). El vapor flash se extrae de éste y, en función del modo de funcionamiento de la segunda etapa de proceso, se expande, en su caso, en dos etapas liberando trabajo técnico en sistemas de turbina de vapor (33').

Según la invención, el desacoplamiento del calor de calefacción y de proceso es ventajosamente posible si el agua a presión (23') se aporta como caudal a un suministro de calor (34') y se reintegra a continuación como caudal de retorno en el circuito de agua a presión. A efectos del desacoplamiento de agua del procedimiento según la invención, el vapor flash del agua ambiente (31') se aporta al absorbedor (24') a través del colector de vapor de escape (25').

Ejemplo de realización 2

La invención se describe con ayuda de la figura 2 y la conversión de material y energía se estima mediante cálculo. En el ejemplo, el ciclo del proceso se desarrolla sobre un gradiente de concentración del 75 al 30%. La etapa de proceso de desorción ("B") se aporta desde el depósito ("1") con solución pobre/solución alcalina pobre ("2") con una concentración del 30%. Con esta concentración, en la solución están ligados 2.333 kg de agua a 1.000 kg de sosa cáustica.

La solución pobre ("2") se convierte en agua ("3") y solución rica/solución alcalina rica ("4") con una concentración del 75% mediante la aportación recuperativa de calor en la etapa del proceso de desorción. En este estado, siguen ligados 333 kg de agua por t de sosa cáustica. Por consiguiente, deben evaporarse mediante desorción 2.000 kg de agua ("3") de la solución pobre ("2").

Según la invención, en el ejemplo se toman 3.333 kg de solución pobre ("2") del depósito ("1") a temperatura ambiente, se aumentan en presión y, en su caso, se precalientan en el recuperador ("5") a 150°C mediante el condensado de vapor de calentamiento ("6") y se aportan a la primera etapa de desorción ("7"), en la que se evaporan 400 kg de agua. La primera etapa de desorción ("7"), que funciona a una presión de ebullición de la solución de 10 bar, se calienta recuperativamente mediante 500 kg de vapor saturado de condensación ("8") que se pone a disposición mediante una compresión multietapa ("9") de 400 kg de vapor de desorción ("15") e inyección de condensado ("10") a una presión de 16 bar. La primera etapa de desorción (7") que funciona a una presión de ebullición de la solución de 10 bar aumenta la concentración de la solución al 34%, con lo que se reduce la masa de la solución en 400 kg hasta 2.933 kg. La solución así enriquecida (11") se aporta a la segunda etapa de desorción (12") que se calienta con el vapor de desorción (13") a 10 bar procedente de la primera etapa de desorción (7"). En la segunda etapa de desorción (12") se desorben 600 kg de vapor de agua a una presión de ebullición de aproximadamente 4,5 bar. El vapor de desorción (38") de la segunda etapa de desorción (12") calienta la tercera etapa de desorción (14"). La masa de la solución enriquecida después de la segunda etapa de desorción ("12") sigue siendo de 2.333 kg con una concentración de aproximadamente el 43%.

En el ejemplo, el vapor (15") necesario para la compresión se toma de la tercera etapa de desorción (14") a una presión de 1 bar. Esta presión de ebullición de la solución se alcanza con una concentración de aproximadamente el 52% y una temperatura de desorción de 148°C. Así es posible tomar unos 410 kg de vapor de la tercera etapa de desorción ("14") para la compresión escalonada en ("9"), lo que con la inyección de condensado ("10") es suficiente para proporcionar 500 kg de vapor de calentamiento ("8").

La solución enriquecida al 52% y a 148°C de una evaporación flash se aporta a la cuarta etapa de desorción (16") hasta una presión de vapor de 0,025 bar eventualmente con un calentamiento recuperativo simultáneo como consecuencia del exceso de vapor de desorción de la segunda etapa de desorción (12"). El vapor flash (17") de la cuarta etapa de desorción (16") se condensa a temperatura ambiente en el recuperador (18"), liberando el calor de condensación al entorno (19").

El gasto de energía eléctrica (20") para proporcionar el vapor de calentamiento (18") para el calentamiento de la primera etapa de desorción (7") con el fin de separar un total de 2.000 kg de vapor de 3.333 kg de solución acuosa de la sosa cáustica con una concentración del 30%, que se convierte así en 1.333 kg de solución rica (4") con una concentración del 75%, asciende en este ejemplo de realización a aproximadamente 287 MJ, correspondientes a 80 kWh_{el}, con un control del proceso teóricamente sin pérdidas.

Para garantizar el vapor de compresión (15") en el modo de arranque, en el ejemplo se utiliza un depósito de presión de agua caliente (21") que se llena con agua caliente a 200°C y suministra el vapor de arranque (15") para la compresión por evaporación flash y el agua de inyección para el enfriamiento de vapor (10") después de las etapas de compresión. El depósito (21") se alimenta mediante el condensado (6") procedente de la primera etapa de desorción (7").

El depósito (1") está dividido en compartimentos (22") que a su vez están divididos en dos cámaras (23", 24"). Los compartimentos están disponibles para el llenado con la solución pobre (2") y la fila de cámaras (23") está disponible para el agua (3") y las cámaras (24"), en el ejemplo más pequeñas, están disponibles para el almacenamiento de la solución rica (4").

La división según la invención del depósito (1") en compartimentos y cámaras sirve para evitar el espacio vacío en el depósito. El menor espacio vacío se consigue cuando un compartimento (22") y dos cámaras (23") y (24") sólo están tan llenos que el depósito (1") puede tanto cargarse, como también descargarse en cualquier momento.

Durante el funcionamiento de la etapa de absorción ("A") del procedimiento según la invención y a efectos de recuperar energía térmica o trabajo técnico con la ayuda de una máquina de expansión (25") y/o energía eléctrica a través de un generador (26"), la solución rica (4"), que se precalienta mediante el recuperador (27"), y el agua (3"), que se precalienta mediante el recuperador (28"), se extraen del depósito (1") y se aportan a la etapa de proceso de absorción (A").

En este ejemplo de realización, la etapa de proceso de absorción está formada por las calderas de vapor (29", 30", 31"), divididas respectivamente en una cámara de absorción y una cámara de agua hirviendo, y por una caldera de vapor (32"), equipada adicionalmente con uno o dos recalentadores de vapor, suministrando la misma vapor vivo, en el ejemplo 16 bar y 340°C, a una turbina de vapor de contrapresión de una o varias etapas (25") o a una turbina de vapor de extracción y condensación (33").

La generación y el recalentamiento de vapor tienen lugar en las calderas (29") a (32") por transferencia recuperativa de calor de la absorción de vapor de agua, mediante la solución rica o enriquecida gradualmente, a las partes de agua de las calderas.

El vapor (31") necesario para la puesta en marcha de la etapa de proceso de absorción se toma del depósito de agua caliente (21") y se aporta a la cámara de absorción de la caldera de vapor (32"). Una vez alcanzado el estado de funcionamiento estable, el suministro continuo de vapor (39") está garantizado por la turbina de vapor de contrapresión (25").

Las calderas (29") a (32") están conectadas en serie en direcciones opuestas por el lado de la solución y por el lado del agua. En este caso, la solución rica (4") con una concentración del 75% se aporta a la caldera de vapor (32") y desde allí se convierte gradualmente en solución pobre (2") con una concentración del 30% a través de las calderas de vapor (31") a (29"), en las que ésta absorbe vapor de agua de forma escalonada a medida que desciende el nivel de presión.

El escalonamiento de la absorción resulta de la diferencia de la concentración que permite ligar cíclicamente 2 kg de vapor de agua por kg de sosa cáustica mediante absorción y liberarlos de nuevo mediante desorción. La solución pobre (2") presente después de la caldera (29") se aporta desde la etapa de proceso de absorción a través de los recuperadores (27") y (28") al depósito (1").

La etapa de absorción se caracteriza en el ejemplo por la siguiente disminución de la concentración de la solución:

Caldera de vapor (32) : de 75,0 a 49,7%.

Caldera de vapor (31) : de 49,7 a 39,8%.

Caldera de vapor (30) : de 39,8 a 34,1%.

Caldera de vapor (29) : de 34,1 a 30,0%.

El agua ("3") se aporta a través del recuperador ("28") a la parte de agua hirviendo de la caldera de vapor ("29"), evaporándose aquí a una presión de 1,7 bar mediante la aportación recuperativa de calor de absorción de la cámara de absorción. Este vapor se aporta a la caldera (30") como vapor de absorción (34"), siendo aquí absorbido bajo esta presión por la solución ya empobrecida. Bajo esta presión de ebullición, la caldera de vapor (30") puede producir vapor

de agua a una presión de aproximadamente 3,1 bar (35") y suministrarlo a la caldera de vapor (31") para su absorción, lo que a su vez permite generar vapor en esta caldera a una presión de 6,3 bar (36"). La absorción de este vapor en la caldera de vapor (32") permite una generación cíclica de vapor de 440 kg a 16 bar (37") y un recalentamiento del vapor a 340°C, con respecto a la absorción de 2.000 kg de agua tomada como base en el ejemplo, y a continuación en la instalación de turbina de vapor (25"), con una expansión en la zona de vapor húmedo a una presión de 1 bar, el desacoplamiento de 287 MJ, correspondientes a 80 kWh de trabajo técnico, con un control del proceso teóricamente sin pérdidas.

Con una optimización termodinámica parece posible un grado de recuperación de energía eléctrica superior al 80% con un funcionamiento sin pérdidas en la práctica, en relación con la energía eléctrica ("20") consumida en la etapa de proceso de desorción para la compresión del vapor ("9").

Según la invención, la combinación de procesos expuesta en este ejemplo permite utilizar, alternativa o adicionalmente al uso de energía eléctrica, la energía térmica como energía de accionamiento de la conversión de material y energía con fines de almacenamiento de energía y liberación conforme a la demanda.

En este caso, el depósito de agua caliente (21") está equipado con un recuperador (38") que transfiere la energía térmica de los gases de escape calientes de las plantas industriales y otras fuentes de calor, especialmente el calor de escape de los gases de escape y del agua de enfriamiento de las plantas de motores de combustión interna, al agua del depósito de agua caliente (21"), generando el mismo el vapor que se aporta bajo la presión del vapor de calentamiento necesaria para la etapa de desorción (7") y que, como se ha descrito, acciona la etapa de proceso de desorción en lugar de energía eléctrica. Si la etapa de proceso de absorción se acciona con el fin de desacoplar vapor, agua de calentamiento o agua caliente, la energía térmica puede tomarse de la turbina (25") en forma de vapor, o las calderas (29") a (31") no se conectan en paralelo por el lado del agua como en el caso de la generación de electricidad, sino en serie, de manera que el agua aportada a la etapa de absorción (29") se calienta de forma escalonada, pudiendo aportarse la misma desde la etapa de absorción (32") a un suministro de agua de calentamiento y agua caliente. En esta variante del proceso, la etapa de absorción (29") también puede funcionar con vapor de agua hirviendo al vacío (40"), especialmente agua de enfriamiento o agua de mar. El agua en forma de vapor aportada externamente debe evacuarse del proceso cíclico como destilado en el transcurso de la siguiente desorción, aportándose convenientemente al uso en la agricultura o en la preparación de agua potable.

Sin embargo, el vapor de desorción de la etapa de desorción (14") no se aporta a 1 bar al compresor de vapor (9"), sino a un proceso de desorción escalonado adicional en el que la desorción en las etapas de desorción (41"), (42"), (43") y (44") funciona en vacío y el vapor de desorción de la etapa (44") se condensa a temperatura ambiente en (18") o se aporta a la turbina de condensación.

Si existe una diferencia de temperatura suficiente entre la evaporación al vacío en (40") y la condensación en (18"), es posible, según la invención, utilizar el vapor generado en la etapa de absorción (32") como vapor de calentamiento en la etapa de desorción (41") y accionar tanto la etapa de absorción "A", como también la etapa de desorción "C", tal como se ha descrito.

Ejemplo de realización 3

El ejemplo describe una desorción y absorción escalonadas a través de dos rangos de concentración, el de desorción primaria y el de desorción secundaria, como se muestra en la figura 3, así como mediante una estimación termodinámica computacional, y también describe, a la vista de las figuras 4 a 6, cómo se realiza esquemáticamente la integración de un proceso cíclico de solución alcalina en un proceso de energía de vapor.

En el ejemplo, la concentración de sosa cáustica se eleva en la desorción secundaria de $x_1 = 0,40$ kg NaOH/kg de solución alcalina (solución alcalina pobre) a una concentración de $x_2 = 0,52$ kg NaOH/kg de solución alcalina (solución alcalina enriquecida). Una corriente parcial de la solución alcalina enriquecida se trata posteriormente en la desorción primaria aumentando la concentración de la solución alcalina de $x_2 = 0,52$ kg NaOH/kg de solución alcalina a $x_3 = 0,78$ kg NaOH/kg de solución alcalina.

En el ejemplo, como energía térmica para el calentamiento recuperativo de la desorción primaria está disponible el calor de los gases de escape y del agua de enfriamiento de una central eléctrica de motor diésel con una potencia eléctrica de 2 MW o vapor de agua comprimido con los siguientes parámetros:

		Gas de escape de motor	Agua de enfriamiento	Vapor de agua comprimido
Caudal másico	kg/h	11.500	13.000	11.500
Temperatura de entrada	°C	500	120	500
Temperatura de salida	°C	60	60	60 (condensado)
Presión	bar	5	5	2

		Gas de escape de motor	Agua de enfriamiento	Vapor de agua comprimido
Diferencia de entalpía útil	kJ/kg	5.670.000	2.700.000	37.202.500
De aquí:				
Calor sensible	kJ/kg	5.670.000	2.700.000	11.882.950
Calor de condensación	kJ/kg	-	-	25.319.550
Energía de compresión	kJ/kg	-	-	9.211.500

Mediante la transferencia recuperativa escalonada del calor sensible de los gases de escape, las presiones y temperaturas de ebullición de la solución alcalina se fijan en el rango de concentración preestablecido de x_2 a x_3 de la siguiente manera.

5

Etapas de desorción primaria	1	2	3	4	5	Suma
Presión de ebullición en bar	50,0	10,0	2,0	0.35	0.02	
Inicio de ebullición °C	325	235	165	110	60	
Final de ebullición °C	430	325	235	165	110	
Aportación de calor en MJ/h	2.078	1.152	1.152	876	617	5.407

10

En caso de una concentración de la solución alcalina rica (RL) de $x_3 = 0,78$ kg NaOH/kg de solución alcalina, la masa específica de la solución alcalina es de 1,282 kg de solución alcalina /kg NaOH, mientras que en caso de una concentración de solución alcalina enriquecida (AL*) de $x_2 = 0,52$ kg NaOH/kg de solución alcalina, la masa específica de la solución alcalina alcanza 1,923 kg de solución alcalina/kg NaOH, es decir, en cada etapa de desorción de la desorción primaria se evaporan 0,641 kg de agua/kg NaOH (DD1/1 - 1/5).

Por consiguiente, los caudales máxicos se aportan o evacúan de las etapas de desorción primarias en la relación: $m_{AL} : m_{RL} : m_{DD1} = 1,923 : 1,282 : 0,641$, es decir, 3 : 2 : 1 (kg/kg NaOH).

15

En la realización según la invención de acuerdo con la figura 4, la capacidad de evaporación de la etapa de desorción respectiva en kg de agua/h resulta de la diferencia entre el calor aportado a la etapa respectiva con el gas de escape o el agua de enfriamiento del motor y la solución alcalina enriquecida introducida con respecto al calor disipado con el vapor de desorción primario (DD1/1 - 1/5) y con la solución alcalina enriquecida.

20

Según la invención, en este caso la solución alcalina enriquecida se descarga de la etapa de desorción respectiva a la temperatura indicada para el final de ebullición en la etapa, aportándose esta solución alcalina enriquecida (AL*) desde el depósito a una temperatura de 15°C a través de un recuperador en intercambio de calor a la solución alcalina rica (RL). En caso de una diferencia de temperatura media de 5 K, la transferencia de calor recuperativa del RL a la AL* da lugar a una pérdida de calor específica de sólo

$$\Delta h_{\text{Recu}} = m_{\text{RL}} \times C_{\text{RL}} \times \Delta t = 1,28 \times 2.6 \times 5 = 17 \text{ kJ/kg NaOH.}$$

25

El calor restante aportado a la etapa de desorción respectiva se evacúa de la etapa de desorción respectiva con el vapor de desorción primario (DD1/1 - 1/5) que se descarga bajo la presión de desorción y a una temperatura correspondiente al inicio de ebullición de la etapa de desorción.

Con los parámetros antes citados de la primera etapa de desorción primaria (PD1), el vapor de desorción (DD1/1) se caracteriza por una presión de 50 bar y una temperatura de 325°C y, de forma correspondiente, por una diferencia de entalpía de

30

$$\Delta h_{\text{DD1/1}} = 2999 \text{ kJ/kg.}$$

Por lo tanto, el calor específico necesario para la desorción de DD1/1 se calcula del siguiente modo

$$\Delta h_{\text{PD1}} = (m_{\text{RL}} : M_{\text{DD1}}) \times \Delta h_{\text{RECU}} + \Delta h_{\text{DD1/1}}$$

resultando

$$= (1.282 : 0,641) \times 17 + 2999 = 3033 \text{ kJ/kg DD1/1.}$$

Con una aportación de calor de 2.078.000 kJ/h se calcula una generación de vapor de desorción en la primera etapa de desorción primaria (DD1/1) de

$$M_{DD1/1} = 685 \text{ kg/h.}$$

- 5 En las condiciones de este ejemplo de realización se calculan los siguientes vapores de desorción primarios:

	Calor de calentamiento	p _{DD1}	t _{DD1}	Δh _{DD1}	Δh _{PD}	M _{DD1}	ΔH _{DD1}
	kJ/h	Bar	°C	kJ/kg	kJ/kg	kg/h	kJ/h
1. Etapa PD1	2.078.000	50	325	2.999	3.033	685	2.054.315
2. Etapa PD2	1.152.000	10	235	2.908	2.942	392	1.139.936
3. Etapa PD3	876.000	2	165	2.799	2.833	309	864.891
4. Etapa PD4	684.000	0,35	110	2.703	2.737	250	675.750
5. Etapa PD5	617.000	0,02	60	2.613	2.613	*233	*608.829
Σ						1.869	4.734.892
6. Etapa PD6	2.700.000	0,02	60	2.613	2647	*1.020	
*2.665.319							
ΣΣ PD	8.107.000					2.889	7.400.211

- 10 Mediante la transferencia de calor isobárica según la invención del calor sensible de los gases de escape del motor y del agua de enfriamiento del motor a las etapas de desorción primarias PD1 a PD6 y la transferencia de calor recuperativa del calor sensible del RL a descargar a la AL* a aportar se consigue transferir a los vapores de desorción DD1 a DD6 el 90% del calor aportado a las etapas de desorción. Los flujos de material de la desorción primaria se calculan de la siguiente manera:

Aportado	Evacuado	
AL*	RL	DD1
Kg/h	kg/h	kg/h
8667	5778	2889

- 15 De este modo, a la desorción primaria se le pueden aportar 8667 kg/h de AL*, pudiendo producirse a partir de aquí 5778 kg/h de RL y 2889 kg/h de DD1.

El agua de enfriamiento del motor se aporta desde el motor a 120°C a una etapa de desorción primaria separada PD6 que funciona a una presión de vapor de 0,02 bar, donde se enfría recuperativamente a 60°C y se devuelve al motor.

- 20 Mientras que los vapores de desorción DD1 a DD4 se aportan según la invención a la desorción secundaria como vapor de calentamiento (HD) y se condensan allí a estos efectos, la condensación de DD5 y DD6 se condensa liberando el calor al medio ambiente.

Por lo tanto, el calor de calentamiento disponible para la desorción secundaria procedente de la desorción primaria corresponde a 4.126.063 kJ/h.

- 25 El balance muestra que del calor residual de la central eléctrica del motor (gases de escape y agua de enfriamiento) aportado a la etapa de desorción primaria, aproximadamente el 51% se disipa en forma de vapor de desorción a la etapa de desorción secundaria como vapor de calentamiento, mientras que aproximadamente el 40% tiene que disiparse de forma recuperativa al medio ambiente y aproximadamente el 9% al depósito.

Según la invención, en la desorción secundaria la solución alcalina pobre (AL) con una concentración $x_1 = 0,40 \text{ kg NaOH/kg}$ de solución alcalina se transforma en solución alcalina enriquecida (AL*) con una concentración $x_2 = 0,52 \text{ kg}$

NaOH/kg de solución alcalina. Al igual que en la desorción primaria, la desorción tiene lugar en 6 etapas de presión, cuya presión de desorción está determinada por la temperatura de condensación del vapor de desorción (DD1/1 - 1/5) aportado desde la desorción primaria.

5 En este caso, a partir de 2,50 kg de solución alcalina pobre (AL) se producen 1,923 kg de solución alcalina enriquecida (AL*) y 0,577 kg de vapor de desorción secundario (DD2/1 - 2/5) de las etapas de presión 18,0/5,0/ 2,5/ 1.0 y 0,1 bar que se utiliza junto con el vapor de desorción primario para el calentamiento de las etapas de desorción secundarias, como se muestra en la figura 4, condensándose allí.

El DD2/6 de la última etapa de desorción secundaria se condensa a temperatura ambiente y el calor de condensación se libera al medio ambiente.

10 Según la invención, la AL* y el condensado de vapor se descargan de la etapa de desorción respectiva a la temperatura del inicio de ebullición y su calor sensible se transfiere recuperativamente a la AL aportada desde el depósito a 15°C. La AL aportada puede absorber completamente el calor sensible de la AL* a evacuar y del vapor condensado, de manera que la etapa de proceso secundaria respectiva sólo experimente pérdidas por recuperación en cuantía de 42 kJ/kg de NaOH o 72 kJ/kg de DD2 como consecuencia de los caudales máscos a evacuar, estando casi todo el calor de condensación de los vapores de desorción primarios y secundarios (DD1/1 - 1/5 o DD2/1 - 2/5) disponible como calor de desorción.

De aquí resulta el siguiente balance de la desorción secundaria (DS2).

	Presión	DD1	Temperatura de ebullición	Δh_{DD2}	HW	DD2	$\Sigma \Delta H_{DD2}$
	DD1/DD2		Inicio/Final				
	Bar	kJ/h	°C	kJ/h	kJ/kg DD2	kg/h	kJ/h
1. Etapa	50/18	2.054.315	235/265	2872	2944	698	2.004.074
2. Etapa	18/5	1.139.936	180/210	2812	2884	1.090	3.144.592
3. Etapa	5/1	864.891	130/150	2736	2808	1.370	3.929.971
4. Etapa	1/0,2	675.750	80/100	2647	2719	1.415	4.424.070
5. Etapa	0,2/0,02	-	60/75	2600	2672	1.402	*3.745.505
Σ						5.975	

20 Los productos de la desorción secundaria son, por lo tanto, AL* y condensado de agua en una proporción de 1.923 a 0,58. Con una desorción de 5975 kg/h de DD2 en la desorción secundaria se producen 19.810 kg/h de AL*. Para ello deben aportarse 25.795 kg/h de AL.

25 Después de "vaciar" la exergía del total de 8.107.000 kJ/h de calor de escape del gas y del motor aportado a las etapas de desorción, 7.019.653 kJ/h, es decir, aproximadamente el 87%, se libera al medio ambiente mediante condensación de DD1 y DD2. Las pérdidas a través de los caudales máscos descargados de AL*, RL y condensado de agua ascienden al 13% aproximadamente.

El balance de materias en kg/h se calcula como sigue

Σ	DD2		DD1		
Aportación	Evacuación		Aportación	Evacuación	
AL	AL*	W	AL*	RL	W
25.758	19.810	5.975	8.667	5.778	2.889

30 Por consiguiente, para la recuperación de la energía acoplada mediante absorción se ponen a disposición en el ejemplo 19.810 kg de AL*, 5.778 kg de RL por hora que pueden absorber un total de 8.864 kg de vapor de agua.

Según la invención, la absorción también se realiza preferiblemente en etapas de presión en dos pasos, la absorción primaria y la absorción secundaria, que están conectadas en serie por el lado del vapor y que aumentan así gradualmente la presión del vapor y, por consiguiente, la entalpía específica del vapor hasta el estado del vapor vivo pretendido que se aporta a la turbina de vapor. En la absorción primaria, AL* se convierte en AL y en la desorción secundaria RL se convierte en AL*.

Según la invención, a la primera etapa de la absorción se aportan el vapor de extracción como vapor de circuito (KLD) de la turbina con estado de vapor saturado bajo una presión de 0,4 bar y una diferencia de entalpía de $\Delta h = 2636$ kJ/kg, que ha realizado trabajo técnico en la turbina, y la AL*, así como el condensado como agua de alimentación que absorbe recuperativamente el calor de absorción y se evapora.

Bajo esta presión, el vapor es absorbido por la AL* que se convierte así en AL. La masa específica de AL* es de 1,923 kg/kg de NaOH y la de la AL es de 2,5 kg/kg de NaOH. Por kg de NaOH, la AL* puede absorber 0,577 kg de vapor.

La temperatura de ebullición del agua en estas condiciones es de 100°C en la primera etapa de absorción. Antes de la absorción tiene lugar una transferencia de calor recuperativa de la AL a la AL* aportada y al agua. Las pérdidas de calor sensible dadas por la descarga de la AL se reducen así a 78 kJ/kg de vapor absorbido.

La primera etapa de la absorción produce un vapor vivo (FD1) en estado de vapor saturado y a una presión de 1 bar con una diferencia de entalpía específica de

$$\Delta h = 2676 \text{ kJ/kg.}$$

De ello resulta un caudal másico específico de FD1 de

$$m_{FD1}^* = (2636 - 78) : 2676 = 0,956 \text{ kg/kg KLD.}$$

Según la invención, el FD1 se aporta a la 2ª etapa de absorción donde también es absorbido por la AL*. Esta 2ª etapa de absorción produce el vapor vivo 2 (FD2) con una presión de 2,7 bar y un $\Delta h = 2720$ kJ/kg, lo que da lugar a una producción de FD2 en cuantía de

$$m_{FD2}^* = ((0,956 \times 2676) - 78) : 2720 = 0,912 \text{ kg FD2/kg KLD.}$$

La utilización de FD2 como vapor de absorción en una 3ª etapa de absorción da lugar a FD3 bajo una presión de 8 bar con un $\Delta h = 2768$ kJ/kg, calculándose un caudal másico de FD3 de

$$m_{FD3}^* = ((0,912 \times 2720) - 78) : 2768 = 0,868 \text{ kg FD3/kg KLD.}$$

El FD4 se utiliza como vapor de absorción en una 4ª etapa de absorción para la generación de vapor vivo (FD) a una presión de 23 bar y una entalpía de vapor saturado de $\Delta h = 2801$ kJ/kg. Se calcula un caudal másico de FD4 de

$$m_{FD4}^* = ((0,868 \times 2768) - 78) : 2801 = 0,830 \text{ kg FD3/kg KLD.}$$

Después de la 4ª etapa de absorción, el FD4 debe recalentarse mediante calor de absorción a 370°C a una Δh de 3175 kJ/kg, para lo cual se utiliza un caudal parcial del FD4. La necesidad de vapor para ello se calcula de la siguiente manera

$$_{FD4}^* = ((3175 - 2801) + 78) : 2801 = 0,161 \text{ kg FD4/kg KLD.}$$

Balance de materias de la absorción en kg/h

	Aportado			Evacuado		
	Vapor	RL	AL*	AL*	AL	FD
1. Etapa	1.800	-	5.960	-	7.760	2.025
2. Etapa	1.955	-	6.470	-	8.425	3.285
3. Etapa	3.062	-	10.135	-	13.197	3.454

	Aportado			Evacuado		
	Vapor	RL	AL*	AL*	AL	FD
4. Etapa	3.080	6.160		9.240	-	2.710 + DD1 685 Σ 3.395 en recalent. 435 en turbina 2.960 en condens. AD 1.160
	9.807 Extraído con AL* 3080 con AL 6.817	6.160	22.565 de 4. Etapa 6.160 del depósito 16.405		29.382	

La carga de RL y AL* producidos cada hora en la desorción primaria y secundaria realizada a efectos de recuperación de energía mediante absorción requiere la puesta a disposición de 8.864 kg de vapor/h.

- 5 En el ejemplo, durante la absorción, la desorción secundaria se detiene y el DD1 de las etapas de desorción primarias D2 a D6 se aporta a las etapas de presión de la absorción, mientras que el DD1 de la primera etapa de desorción primaria se aporta al vapor vivo sobrealimentado entre la absorción y el recalentamiento.

- 10 Así, a la turbina se le aporta un total de 2.960 kg de vapor vivo a una presión de 23 bar, una temperatura de 370°C y siendo $\Delta h = 3175$ kJ/kg. De esta cantidad, 2.000 kg/h deben extraerse de la turbina a una presión de 0,4 bar como vapor saturado con una humedad del 10%, de los cuales 1.800 kg/h se aportan a la absorción como vapor de circulación. 960 kg FD/h permanecen en la turbina y se expanden hasta una presión de 0,04 bar y una humedad del vapor del 15%. La capacidad técnica de trabajo de la turbina se calcula en aproximadamente 700 kWh/h.

- 15 La variante alternativa definida al principio del ejemplo del procedimiento según la invención con compresión de vapor ("vapor de agua comprimido") se caracteriza, en comparación con la variante de la central eléctrica con motor diésel explicada anteriormente, por un suministro de calor sensible más de dos veces superior y de calor de condensación más de nueve veces superior, lo que se considera equivalente al calor de refrigeración del motor. El vapor de contrapresión de la turbina de vapor a 0,4 bar se comprime en una sola etapa a 2,0 bar. El caudal másico de vapor se fijó en 11.500 kg/h en comparación con el caudal másico de los gases de escape de la central eléctrica de motor. El enfriamiento del vapor comprimido se lleva a cabo de forma análoga al enfriamiento de los gases de escape, es decir, mediante el enfriamiento de vapor se obtienen caudales másicos de desorción 2,1 veces superiores en las etapas de presión de la desorción primaria y, por lo tanto, rendimientos de RL correspondientemente más altos. A la desorción primaria se le aportan 18.200 kg de AL* y se descargan 12.134 kg de RL y 6.066 kg de vapor de desorción con la misma graduación de presión y temperatura que en la variante de la central eléctrica de motor.

- 25 Después del enfriamiento, el vapor se encuentra a una presión de aproximadamente 2 bar. Así, su calor de condensación es adecuado para calentar la desorción primaria y secundaria, de manera que el RL y la AL* puedan producirse en la misma proporción que en el funcionamiento con motor, es decir, la variante de central eléctrica con motor diésel.

- 30 Según la invención, el balance de vapor se garantiza haciendo funcionar preferiblemente la absorción al mismo tiempo que la desorción primaria y utilizando el DD1 no para hacer funcionar la desorción secundaria sino, además de eventualmente otro vapor externo, como vapor de apoyo de absorción (ASD).

Lista de referencias

- A' Primera etapa de proceso (desorción)
 B' Segunda etapa de proceso (absorción)
 C' Tercera etapa de proceso (evaporación al vacío externa del agua ambiente)

	1'	Solución pobre (solución alcalina pobre)
	2'	Circuito de portador de calor (circuito de agua a presión)
	3'	Recuperador
5	4'	Solución rica (solución alcalina rica)
	5'	Bomba de calor
	6'	Recuperador
	7'	Calor solar/Calor de escape
	8'	Recuperador
10	9'	Vapor de agua
	10'	Condensador
	11'	Condensado de agua
	12'	Depósito para agua
	13'	Depósito para solución rica
15	14'	Bomba de agua
	15'	Solución rica
	16'	Recuperador (precalentamiento del agua)
	17'	Precalentamiento solución rica
	18'	Conducto de agua a presión
20	19'	Aportación de solución rica
	20'	Desorbedor
	21'	Depósito para solución pobre
	22'	Recuperador/Enfriamiento de absorbedor
	23'	Circuito de agua a presión
25	24'	Absorbedor
	25'	Aportación de vapor de absorción
	26'	Evaporador de vacío
	27'	Agua ambiente
	28'	Evaporación flash
30	29'	Agua ambiente enfriada
	30'	Descarga de agua ambiente
	31'	Vapor flash externo
	32'	Tambor de vapor
	33'	Instalación de turbina de vapor
35	34'	Suministro de calor de calentamiento
	A"	Etapas de proceso de absorción
	B"	Etapas de proceso de desorción a presión
	C"	Etapas de proceso de desorción al vacío
40		
	1"	Depósito
	2"	Solución pobre (solución alcalina pobre)

	3"	Agua
	4"	Solución rica (solución alcalina rica)
	5"	Recuperador
	6"	Condensado de vapor de calentamiento
5	7"	Primera etapa de desorción
	8"	Vapor de calentamiento
	9"	Compresión de vapor multietapa
	10"	Inyección de condensado
	11"	Solución enriquecida
10	12"	Segunda etapa de desorción
	13"	Vapor de desorción
	14"	Tercera etapa de desorción
	15"	Vapor de desorción/Vapor de arranque 1 bar
	16"	Cuarta etapa de desorción (evaporación flash)
15	17"	Vapor flash
	18"	Recuperador
	19"	Disipador térmico
	20"	Aportación de energía eléctrica
	21"	Depósito de agua caliente a presión
20	22"	Compartimentos de almacenamiento
	23"	Cámaras de almacenamiento para agua
	24"	Cámaras de almacenamiento para solución rica
	25"	Primera máquina de expansión
	26"	Generador eléctrico
25	27"	Recuperador
	28"	Recuperador
	29"	Caldera de vapor
	30"	Caldera de vapor
	31"	Caldera de vapor
30	32"	Caldera de vapor y recalentador de vapor
	33"	Segunda máquina de expansión
	34"	Vapor de absorción
	35"	Vapor de absorción
	36"	Vapor de absorción
35	37"	Vapor vivo
	38"	Recuperador de calor de escape
	39"	Vapor de arranque de absorción de la turbina
	40"	Vapor de agua hirviendo al vacío
	41"	Destilación al vacío
40	42"	Destilación al vacío
	43"	Destilación al vacío
	44"	Destilación al vacío

	45"	Vapor de desorción
	46"	Vapor de arranque de absorción del depósito
	11	Proceso de energía de agua y vapor
5	111	Bomba de alimentación
	11.2	Caldera de vapor
	11.3	Generador eléctrico con turbina de contrapresión de extracción
	11.4	Vapor de extracción
	11.5	Condensador de vapor de calentamiento
10	11.6	Vapor de escape
	11.7	Condensador de vapor de escape
	11.8	Descarga de energía eléctrica en función de la demanda
	11.9	Vapor vivo
	12	Proceso cíclico de sorción
15	12.1	Desorbedor
	12.1.1	Desorción primaria
	12.1.2	Desorción secundaria
	12.2	Generación de vapor en la absorción
	12.3	Circuito de solución alcalina
20	12.4	Vapor de absorción
	12.5	Evacuación de condensado
	12.6	Gas de escape
	12.7	Vapor de calentamiento comprimido
	12.8	Aportación de energía regenerativa volátil
25	12.9	Vapor vivo de absorción
	12.10	Vapor de calentamiento de desorción
	13	Depósito de sustancia activa
	13.1	Depósito para condensado de agua
	13.2	Depósito para solución alcalina pobre
30	13.3	Depósito para solución alcalina enriquecida/rica
	14	Energía solar/geotérmica
	14.1	Radiación solar
	14.2	Aguas residuales/Agua salada
	14.3	Vapor flash
35	14.4	Portador de calor
	21	Desorción primaria
	21.1	1. etapa de desorción primaria
	21.2	2. etapa de desorción primaria
40	21.3	Solución alcalina enriquecida
	21.4	Solución alcalina rica
	22	Desorción secundaria

	22.1	1. etapa de desorción secundaria
	22.2	2. etapa de desorción secundaria
	23	Enfriamiento gradual de los gases de escape o del vapor de calentamiento
	24	Calentamiento de las etapas de desorción secundarias mediante condensación de vapor
5	25	Precalentamiento de la solución alcalina enriquecida
	26	Precalentamiento de la solución alcalina pobre
	27	Solución alcalina pobre
	28	Condensado de vapor
	29	Solución alcalina enriquecida
10		
	31	1. etapa de absorción
	32	2. etapa de absorción
	33	Recalentador de vapor
	34	Instalación de turbina de vapor a contrapresión integrada en el proceso
15	35	Precalentamiento de solución alcalina y agua de alimentación
	36	Vapor de absorción interno
	37	Vapor vivo
	38	Vapor de contrapresión
	39	Vapor de desorción
20		

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la conversión y el almacenamiento de energía y su recuperación en función de la demanda en centrales eléctricas, de calefacción y de producción combinada de calor y electricidad mediante procesos de sorción de vapor de agua con soluciones alcalinas, modificándose cíclicamente una solución alcalina, preferiblemente una sosa cáustica, mediante la absorción (B') y desorción (A') continuas y retardadas en el tiempo de vapor de agua dentro de unos límites predeterminados,
 - aumentándose la concentración de la solución alcalina (1') bajo presiones de ebullición de una o varias etapas, aportándose recuperativamente a estas etapas de desorción (20') energía externa (7') mediante portadores de calor (2') en forma de calor sensible o calor de condensación (8') y utilizándose el calor de condensación de los vapores de desorción producidos también para el calentamiento de las etapas de desorción y/o aportándose para uso externo,
 - aportándose de nuevo el vapor de agua (25') a la solución alcalina (4', 15', 19') enriquecida por la desorción y disipándose recuperativamente el calor liberado por la absorción (24') a un portador de calor que se evapora bajo una presión aumentada con respecto a la presión de absorción o cuyo calor sensible se utiliza en un proceso de vapor (32') o en una evaporación flash mediante presión de absorción para la producción de una sustancia activa en forma de vapor que realiza un trabajo técnico en una expansión (33'), preferiblemente para la generación de energía eléctrica,
 - almacenándose los productos de solución alcalina pobre (1') y enriquecida (4'), así como el agua (11') del proceso de sorción principalmente a presión ambiente por separado unos de otros en un depósito (21, 13', 12') y aportándose desde allí a las etapas de desorción y absorción (A', B') según sea necesario,
 - comprimiéndose al menos una parte del vapor de desorción (5') y utilizándose a continuación como vapor de calentamiento para la transferencia recuperativa de calor (6') en la desorción, mientras que el calor de condensación (10') del vapor de desorción a evacuar del proceso se descarga al medio ambiente o a un acumulador térmico interno del proceso o a un portador de calor (9').
2. Procedimiento según la reivindicación 1, evacuándose el calor de condensación del vapor de desorción a evacuar del proceso al medio ambiente o a un depósito de agua caliente interno del proceso o a un circuito de agua a presión.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, llevándose a cabo la desorción en al menos dos rangos de concentración de la solución alcalina, utilizándose el calor sensible del portador de calor principalmente para el calentamiento de la desorción en el rango de concentración más alto y utilizándose el calor de condensación eventualmente disponible para el calentamiento de las etapas de desorción en el rango de concentración más bajo.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, llevándose a cabo la absorción con transferencia recuperativa del calor de absorción a un portador de calor o a un proceso de vapor a través de uno o varios rangos de concentración y a través de una o varias etapas de presión, de manera que el vapor vivo generado mediante evaporación isotérmica o evaporación flash se caracterice por una presión más alta con respecto a la presión de absorción.
5. Procedimiento según la reivindicación 1 o 4, utilizándose el vapor de agua generado por el calor de absorción a presión elevada como vapor de absorción, de manera que la presión del vapor en las etapas de absorción aumente gradualmente y la temperatura de absorción permita la producción de vapor vivo a alta presión.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1, 4 y 5, expandiéndose el vapor vivo generado mediante la transferencia recuperativa del calor de absorción mientras se suministra trabajo técnico y utilizándose a continuación el vapor presente como vapor de absorción.
7. Procedimiento según de las reivindicaciones 1 y 4 a 6, cerrándose el balance de vapor de la absorción mediante vapor externo procedente de procesos técnicos y/o de la evaporación flash de agua del depósito de agua caliente interno del proceso, de agua de enfriamiento o de agua ambiente o de agua de mar.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, integrándose una solución alcalina, preferiblemente sosa cáustica, en los circuitos de vapor de los procesos de energía y de calefacción y energía, cuya concentración se modifica cíclicamente mediante la absorción y desorción de vapor de agua dentro de unos límites predeterminados,
 - instalándose entre el generador de vapor, la turbina de vapor y los condensadores de vapor de calentamiento o vapor de escape un proceso de desorción multietapa que aumenta la concentración de la solución alcalina mediante la aportación directa y/o recuperativa de calor sensible y/o calor de condensación,
 - instalándose un proceso de absorción multietapa paralelamente a la caldera de vapor o en lugar de ésta en el proceso cíclico de agua y vapor que en su primera etapa absorbe vapor de la turbina de vapor y que en las etapas siguientes absorbe vapor autogenerado,
 - disponiéndose en el proceso cíclico de vapor, entre el proceso de desorción y el proceso de absorción, un depósito de productos que funciona a presión y temperatura ambiente o superior, para los productos de desorción, solución alcalina rica, pobre y enriquecida, así como agua.
9. Procedimiento según 8,
 - llevándose a cabo la desorción del vapor de agua a partir de la solución alcalina en dos etapas, transfiriéndose recuperativamente en la desorción primaria el calor sensible de los portadores de calor utilizados para la desorción,

preferiblemente gas de escape o vapor de agua comprimido, a la solución alcalina, mientras que en la desorción secundaria el vapor de desorción de la desorción primaria y de la propia desorción secundaria se utiliza para calentar las etapas de desorción que funcionan a presiones escalonadas, y/o

• funcionando las etapas de presión de la desorción primaria y secundaria en rangos de concentración predeterminados, teniendo lugar la desorción secundaria en el mismo rango de concentración o en uno inferior en comparación con la desorción primaria y proporcionándose también una solución alcalina enriquecida para la desorción primaria, y/o

• conectándose las etapas de presión de la desorción primaria en paralelo a las de la desorción secundaria por el lado de la solución alcalina y en serie por el lado del vapor, y/o

• llevándose a cabo la absorción en etapas de presión conectadas en serie por el lado del vapor y en paralelo por el lado de la solución alcalina y del agua, introduciéndose el vapor producido en las etapas de absorción mediante transferencia recuperativa del calor de absorción a la presión de ebullición de la solución alcalina a un proceso cíclico de vapor y caracterizado por una presión superior, desde la etapa que funciona respectivamente a menor presión de absorción en la etapa de absorción que funciona a mayor presión de absorción, y/o

• recalentándose el vapor de absorción en la última etapa de absorción antes de su descarga en la turbina de vapor integrada del proceso con el fin de realizar trabajos técnicos.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, transfiriéndose el calor sensible de los flujos de material que salen de la etapa de desorción y absorción, antes de su almacenamiento, a los flujos de material tomados del depósito y a aportar a la etapa de desorción y absorción, en su conjunto o por separado para cada etapa de desorción y absorción.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, configurándose la instalación de turbina de vapor integrada en el proceso de manera que el vapor de escape de la turbina tenga el nivel de presión de la primera etapa de absorción.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 11,

• tomándose de la desorción el vapor previsto para el calentamiento de la desorción y comprimiéndose antes de su uso como vapor de calentamiento en la desorción con ayuda de energía eléctrica, especialmente de energía regenerativa, y/o

• expandiéndose el vapor de desorción no necesario para el calentamiento durante la realización de trabajo técnico y condensándose preferiblemente a temperatura ambiente.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 12,

• compensándose el balance de vapor en el proceso de absorción mediante vapores de desorción procedentes de la desorción, preferiblemente de la desorción primaria, o de fuentes externas, y/o

• aportándose los vapores de desorción procedentes de la desorción primaria, tras enfriarse en las etapas de presión de la desorción primaria o en estado recalentado, directamente a las etapas de presión de la desorción secundaria como vapor de calentamiento y condensándose allí.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 13,

• transfiriéndose recuperativamente, antes de cada etapa de presión de la desorción primaria, el calor disipado con la solución alcalina rica de la etapa de presión a la solución alcalina enriquecida a aportar a esta etapa de presión y/o utilizándose el mismo para la generación de vapor, y/o

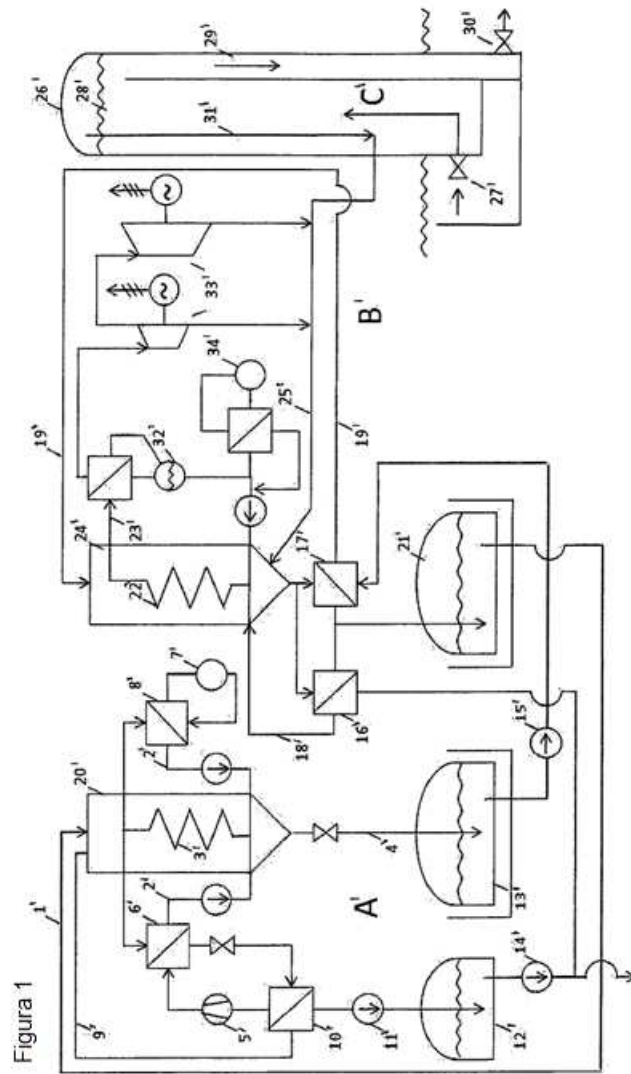
• precalentándose recuperativamente la solución alcalina pobre, aportada a la desorción secundaria, antes de su introducción en la etapa de presión respectiva mediante el calor sensible del condensado de vapor a evacuar de estas etapas y de la solución alcalina enriquecida.

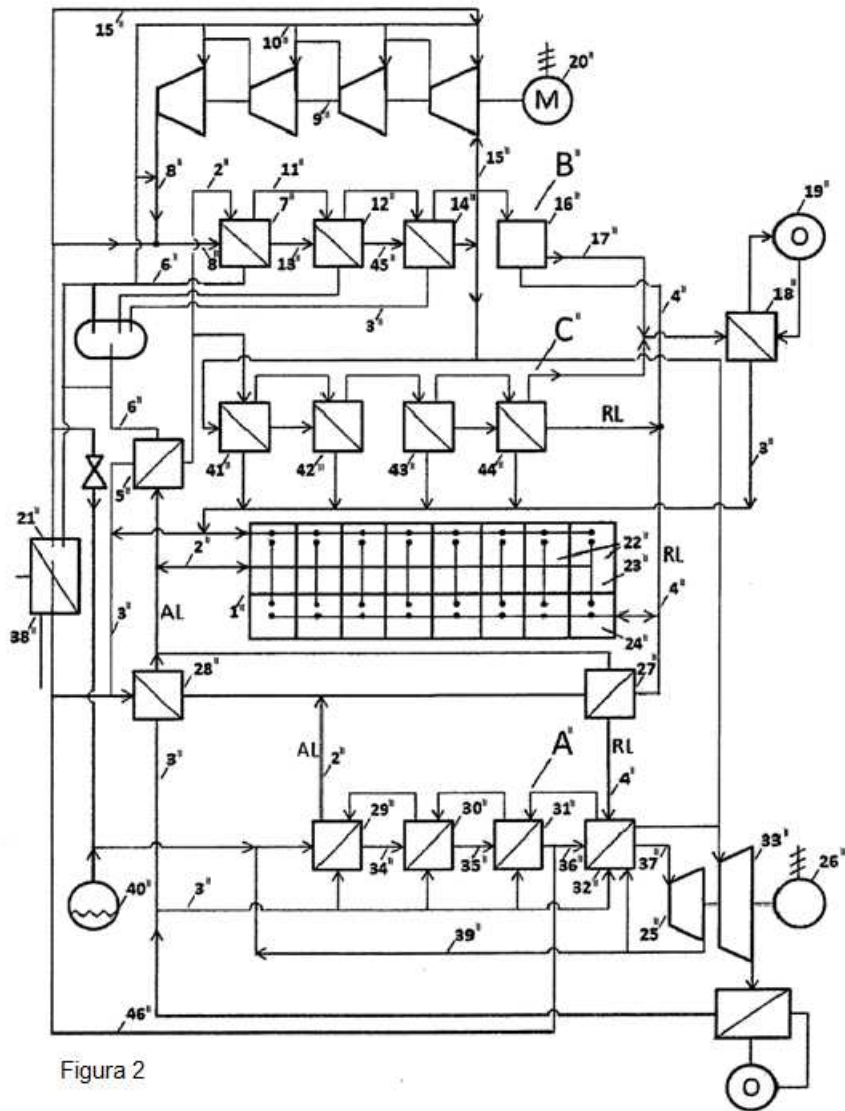
15. Sistema para la conversión y el almacenamiento de energía que comprende un proceso cíclico de agua y vapor, como un proceso cíclico de vapor y energía, vapor y calentamiento o energía, vapor y calentamiento, que comprende calderas de vapor (11.2), turbinas de vapor de extracción/contrapresión (11.3), condensadores de vapor de calentamiento y de escape (11.5, 11.7) y bombas de alimentación de agua (11.1), y

un proceso cíclico de solución alcalina que comprende una etapa de desorción de vapor y una etapa de absorción de vapor, estando los dos procesos cíclicos conectados por el lado del vapor de manera que, por una parte, el vapor generado por el calor de absorción en la etapa de absorción de vapor y aumentado en presión se incorpore al proceso cíclico de agua y vapor aguas arriba de la turbina de vapor a efectos de realizar trabajo técnico y, por otra parte, de manera que el vapor se extraiga de la turbina de vapor del proceso cíclico de agua y vapor y se aporte a la etapa de absorción de vapor, poniéndose a disposición la energía térmica externa necesaria para el enriquecimiento de la solución alcalina a la etapa de desorción de vapor directamente y/o a través de portadores de calor como calor sensible y/o calor de condensación, utilizándose como solución alcalina compuestos que tienen la propiedad de absorber y desorber agua (vapor) de forma en gran medida reversible, tales como hidróxidos metálicos o sales metálicas, preferiblemente en forma de soluciones acuosas, y previéndose depósitos dispuestos entre la etapa de absorción de vapor y la etapa de desorción de vapor para almacenar productos del proceso cíclico de solución alcalina (solución alcalina pobre, rica y enriquecida y agua) y para aportarlos de nuevo al proceso cíclico de solución alcalina, comprendiendo el sistema

• una unidad para el acoplamiento de energía obtenida externamente (12.6, 12.8, 14);

- una unidad para la realización de un proceso cíclico de solución alcalina (12) que comprende al menos un desorbedor (12.1) y al menos un absorbedor (12.2), pudiendo realizarse los mismos respectivamente multietapa, para la desorción o absorción de vapor de agua de o en una solución alcalina, y un depósito de sustancia activa (13) conectado a los mismos para el almacenamiento de solución alcalina pobre (13. 2), solución alcalina enriquecida (13.3) y condensado de vapor de agua (13.1) y dispuesto entre el desorbedor y el absorbedor y que funciona preferiblemente a presión y temperatura ambiente o superior, pudiendo disponerse los depósitos respectivos también separados en el espacio; y
 - una unidad para el desacoplamiento de la energía almacenada (11),
 - estando la unidad para el acoplamiento de energía generada externamente conectada al menos a un desorbedor directamente y/o a través de un sistema de portador de calor para la transferencia de calor recuperativa (12.6, 12.7, 14.4),
 - estando el absorbedor acoplado adicionalmente a un dispositivo para generar vapor vivo (12.2), especialmente vapor vivo recalentado, mediante el calor de absorción generado o un recalentador de vapor,
 - y estando el dispositivo para la generación de vapor vivo conectado por el lado del vapor a la unidad para el desacoplamiento de la energía almacenada.
16. Sistema según la reivindicación 15 que comprende recipientes a presión que reciben las diferencias de presión entre las etapas de desorción y absorción con respecto al medio ambiente, actuando en su interior el vapor de agua e instalándose en los mismos sin carga de presión las partes del dispositivo que transportan la solución alcalina.





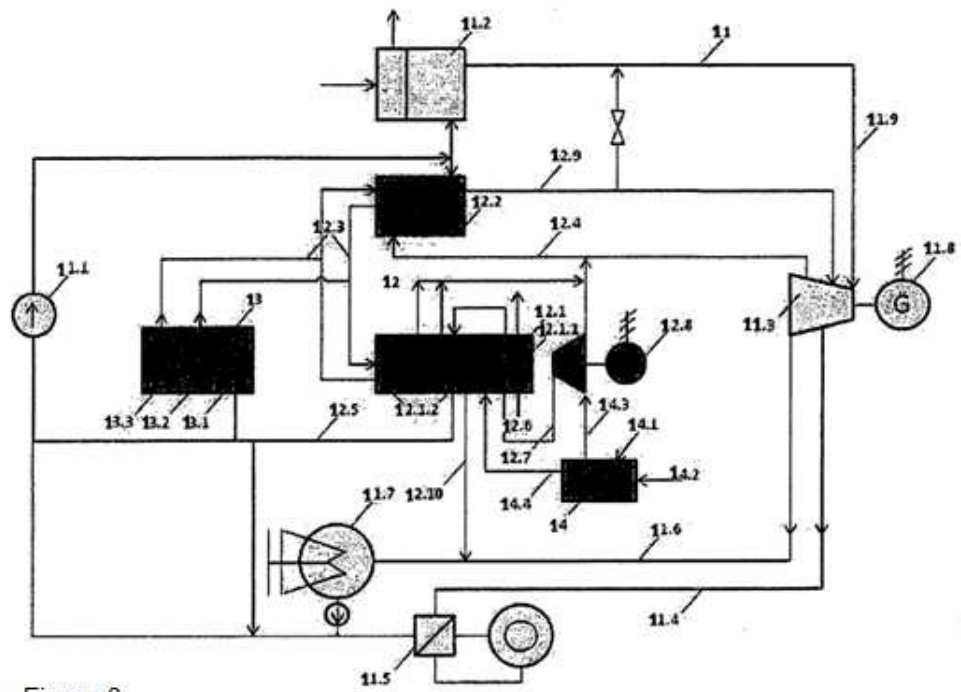


Figura 3

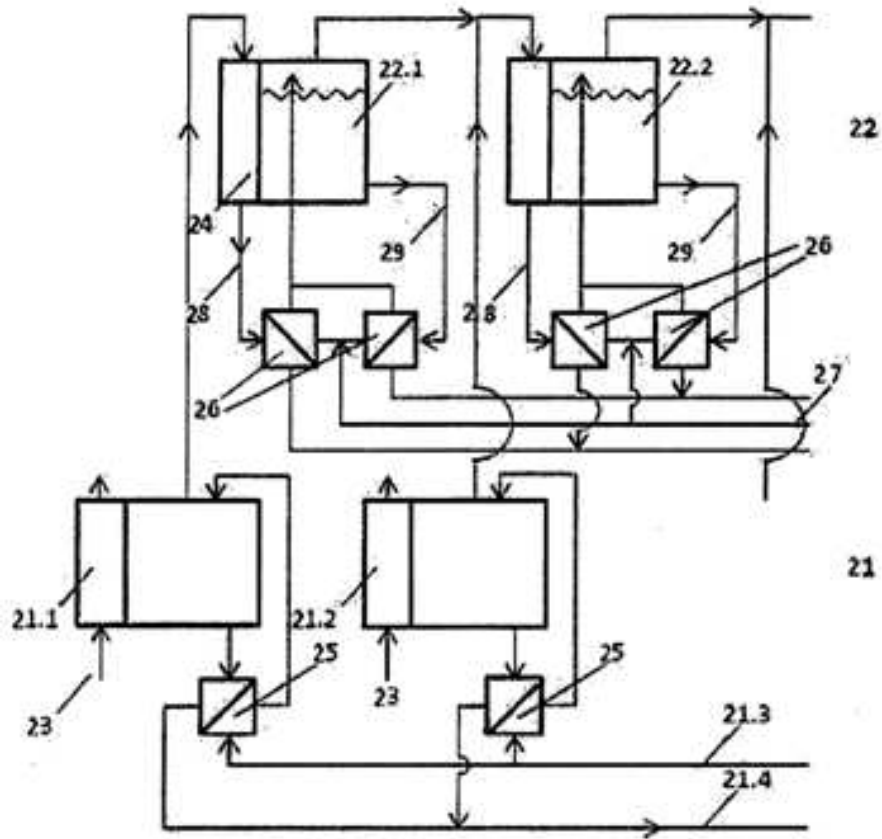


Figura 4

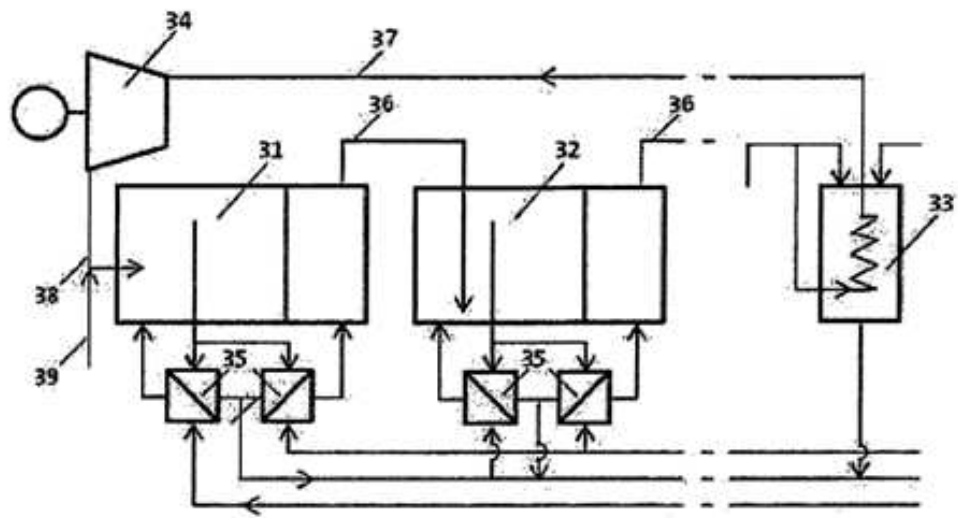


Figura 5

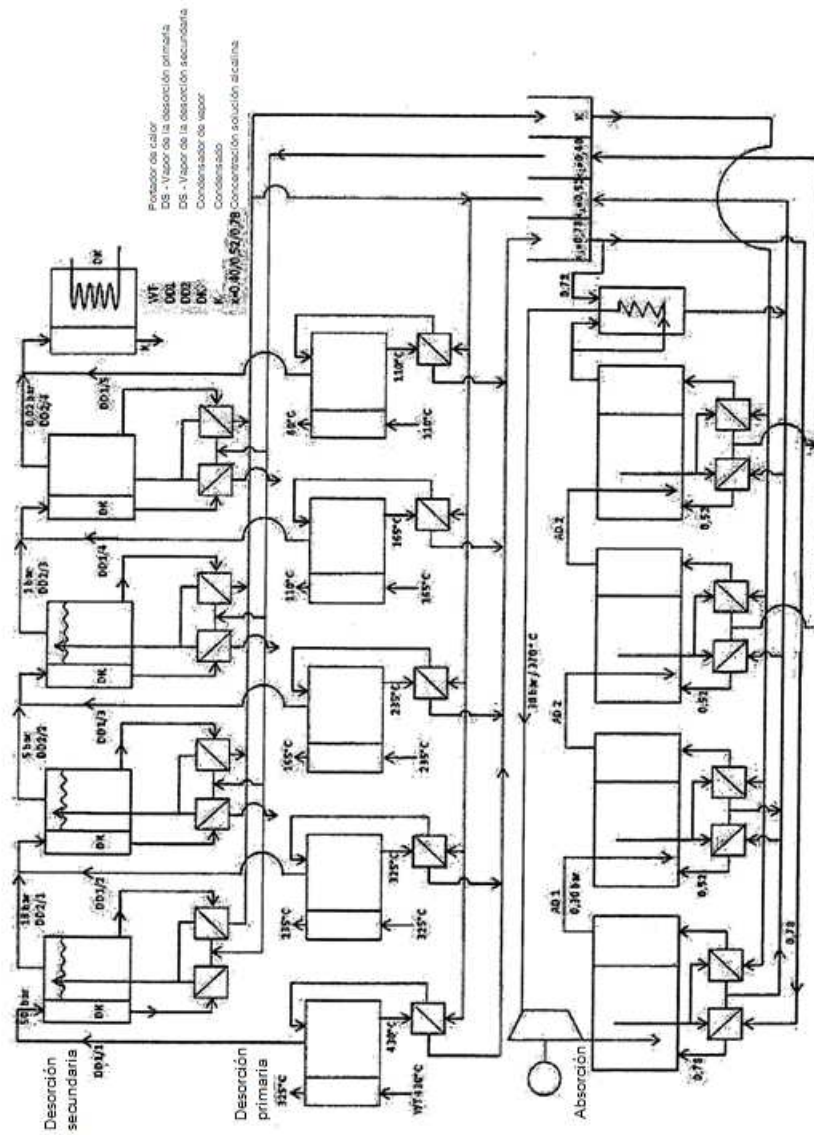


Figura 6