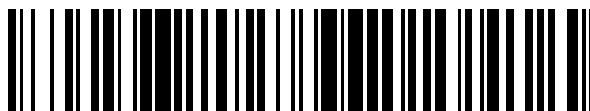


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 949**

51 Int. Cl.:

F22B 1/18 (2006.01)

F24H 1/00 (2006.01)

F24D 19/10 (2006.01)

F24J 1/00 (2006.01)

F24D 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2010 PCT/GB2010/001884**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2011 WO11042702**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2010 E 10776116 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2486338**

54 Título: **Un aparato para generar calor**

30 Prioridad:

07.10.2009 GB 0917546

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

14.11.2017

73 Titular/es:

**COLLINS, MARK (100.0%)
P.O. Box 133 Etchingam
East Sussex TN19 7ZJ, GB**

72 Inventor/es:

COLLINS, MARK

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 641 949 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

Un aparato para generar calor

Esta invención se refiere a un aparato para generar calor para uso en un sistema de calentamiento para líquidos tales como agua.

5 Antecedentes de la invención

Es bien conocido que muchas reacciones químicas son exotérmicas, es decir, producen calor, y ejemplos de dichas reacciones incluyen reacciones ácido-base.

10 El documento US 4325355 describe un sistema de calentamiento en el cual se produce una reacción exotérmica entre un metal sólido y una solución en un reactor que contiene un intercambiador de calor. En el sistema de reacción específico descrito, las piezas de aluminio se descienden en una solución de hidróxido sódico. Durante la evolución de gas hidrógeno. El hidróxido de aluminio reacciona con el hidróxido de sodio para formar aluminato de sodio.

15 El documento DE 3539710 describe un sistema de calentamiento a pequeña escala que comprende una bolsa exterior que contiene una bolsa interior dividida en dos cámaras que contienen productos químicos reactivos. Presurizar la bolsa (por ejemplo, mediante amasado), provoca que la pared de separación se rompa, permitiendo que los productos químicos reactivos reaccionen para producir calor. Los químicos reactivos pueden ser hidróxido de sodio y anhídrido acético. El sistema de calentamiento del documento DE 3539710 es descrito como especialmente útil para el calentamiento de manos y pies.

20 El documento GB 2381187 da a conocer un método y un aparato para limpiar una superficie. Como parte del proceso de limpieza, se calienta una solución de limpieza mezclando productos químicos en una reacción exotérmica.

25 El documento WO 86/01880 describe un sistema de calentamiento que puede ser utilizado para calentamiento de agua doméstica y que implica un proceso de fases múltiples que comprende una primera etapa de intercambio de calor en la cual el calor extraído de agua de mar es utilizado para vaporizar un gas líquido tal como amoníaco. El vapor de amoníaco entonces pasa a una segunda fase en la que reacciona o bien con una solución de carbonato de sodio o de dióxido de carbono en un proceso exotérmico, cuyo calor es extraído para calentar agua doméstica.

30 El documento US 4044821 describe un sistema de conversión y almacenamiento de energía en el cual compuestos químicos tales como el amoníaco o hidruros metálicos son descompuestos utilizando energía a partir de, por ejemplo, un dispositivo de energía solar. Los productos de descomposición pueden ser recombinados en una etapa posterior para producir energía química.

El documento WO 2004/040645 da a conocer un intercambiador de calor microfluídico para proporcionar un control de calentamiento y enfriamiento a pequeña escala utilizando reacciones químicas exotérmicas y endotérmicas. La adición de ácido sulfúrico al agua es divulgada como un ejemplo de una fuente de calentamiento exotérmico.

35 El documento US 3563226 describe un sistema de calentamiento destinado para su uso en ambientes submarinos o libres de oxígeno en los cuales un oxidante tal como oxígeno puro se hace reaccionar con un material pirofórico tal como el fósforo.

El documento US 7381376 da a conocer generadores de vapor/niebla en los cuales la fuente del calor es una reacción química exotérmica.

40 El documento DE 3819202 describe un sistema de almacenamiento de calor que utiliza sales fundidas

El documento US 4303541 describe un dispositivo de almacenamiento de calor latente que hace uso de soluciones saturadas de sales. Las sales son formadas por la reacción de un ácido y una base y ahí una referencia de paso a la posibilidad de que el calor generado en la reacción pueda ser utilizado en otro lugar.

45 Mis solicitudes de patente anteriores WO2008/102164 y GB2446820 dan a conocer un método y un aparato para producir un suministro de fluido calentado (por ejemplo, agua) en donde el método comprende pasar el fluido a través de una unidad intercambiadora de calor donde es calentado mediante una fuente de calor que deriva su calor de la reacción exotérmica de dos o más reactivos químicos, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención proporciona un aparato mejorado para hacer uso del calor generado por reacciones químicas exotérmicas para calentar líquidos tales como el agua en un suministro de agua.

50 Resumen de la invención

En un primer aspecto, la invención proporciona un aparato para calentar un líquido, cuyo aparato comprende:

una cámara de mezclado;

medios de dispensado para dispensar cantidades medidas de un primer y un segundo reactivos químicos en la cámara de mezclado para formar una mezcla de reacción de manera que los reactivos químicos experimentan una reacción química exotérmica para generar calor y uno o más productos de reacción;

un dispositivo de control electrónico conectado a los medios de dispensado para controlar el dispensado de las cantidades medidas del primer y segundo reactivos químicos;

una o más bombas para mover los reactivos químicos y la mezcla de reacción alrededor del aparato;

un intercambiador de calor que tiene una entrada y una salida para la mezcla de reacción y una entrada y una salida para dicho líquido, de manera que cuando dicho líquido pasa a través del intercambiador de calor es calentado por la transferencia de calor desde la mezcla de reacción;

una o más estaciones de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción; estando dispuestas las estaciones de monitorización para comunicarse con el dispositivo de control electrónico; y

una salida de residuos para retirar la mezcla de reacción consumida del aparato;

caracterizado porque la cámara de mezcla, el intercambiador de calor y la una o más estaciones de monitorización están conectadas de manera que forman un bucle; y en donde el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que la mezcla de reacción sea circulada alrededor del bucle al menos dos veces, y de forma opcional para provocar que los medios de dispensado dispensen además cantidades medidas del primer y/o el segundo reactivos químicos en la cámara de mezclado; y/o para provocar que una proporción de la mezcla de reacción sea expulsada a través de la salida de residuos, con el fin de controlar la temperatura de la mezcla de reacción que pasa a través del intercambiador de calor.

Aspectos particulares y preferidos y modos de realización de la invención se describen más abajo y se establecen en las reivindicaciones adjuntas al presente documento.

En el aparato de la invención, la cámara de mezclado, el intercambiador de calor y la una o más estaciones de monitorización están conectadas de manera que forman un bucle; y el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que la mezcla de reacción sea circulada alrededor del bucle al menos dos veces. Cuando el aparato se pone en marcha, los medios de dispensado dispensan cargas iniciales de los dos reactivos químicos en la cámara de mezclado. Los dos reactivos químicos reaccionan de forma exotérmica para dar lugar a una mezcla de reacción calentada que puede contener sólo productos de reacción o una mezcla de reactivos y productos de reacción dependiendo de la tasa constante para la reacción química en cuestión y las concentraciones de los reactivos. La mezcla de reacción calentada es entonces dirigida a través del intercambiador de calor, o bien directamente o a través de uno o más componentes diferentes del sistema tal como una estación de monitorización y/o un mezclador y/o una bomba. En el intercambiador de calor, la mezcla de reacción calentada transfiere el calor a un líquido (por ejemplo, agua para un sistema de calentamiento de agua) que pasa a través del intercambiador de calor.

Mientras pasa a través del intercambiador de calor, la mezcla de reacción puede haber dado todo su calor; es decir, la temperatura de la mezcla de reacción puede haber vuelto a la temperatura ambiente. Sin embargo, un escenario igualmente común (si no más común) es que la mezcla de reacción haya dado sólo una porción de su calor al líquido en el intercambiador de calor. Además, en algunos casos, la relación entre el primer y segundo reactivos puede que no haya llegado a completarse y puede haber por consiguiente reactivos que no han reaccionado en la mezcla de reacción. En dichos casos, podría ser despilfarrador e ineficiente descargar la mezcla de reacción a los residuos. En su lugar, el aparato de la invención está configurado para que la mezcla de reacción se mueva en un bucle y se ha retornada a la cámara de mezclado. En esta fase, dependiendo de la diferencia de temperatura entre la mezcla de reacción y la temperatura objetivo predeterminada requerida para calentar el líquido que pasa a través del intercambiador de calor, puede que se dispensen cargas adicionales del primer y/o el segundo reactivos en la cámara de mezclado para generar más calor. Por tanto, el controlador electrónico puede estar programado de tal manera que si la temperatura de la mezcla de reacción excede un cierto valor, no se introducen cargas adicionales de reactivos en la cámara de mezclado. Por el contrario, si la temperatura de la mezcla de reacción ha caído por debajo de un valor predeterminado, el controlador electrónico ordena a los medios de dispensado dispensar cargas adicionales de uno o ambos reactivos. La mezcla de reacción, suplementada tal y como se requiera con reactivos adicionales es entonces circulada alrededor del sistema una segunda vez. Por tanto, en el aparato de la presente invención, la mezcla de reacción es reciclada una o más veces después de que se ha completado su paso inicial alrededor del bucle.

Reciclando la mezcla de reacción alrededor del bucle, la cantidad máxima de calor puede ser extraída de la mezcla de reacción.

Típicamente, la mezcla de reacción es circulada alrededor del bucle entre dos y veinte veces, por ejemplo desde tres a doce veces. De forma preferible, la mezcla de reacción es circulada alrededor del bucle al menos tres veces, y de forma más usual al menos cuatro veces.

5 El reciclado de la mezcla de reacción alrededor del bucle y la adición de cargas adicionales de los dos reactivos es controlado por un controlador electrónico (un ordenador o un microprocesador). El controlador electrónico está conectado (electrónicamente o de forma inalámbrica) a cada una de las estaciones de monitorización y recibe una retroalimentación en parámetros físicos y químicos clave de la mezcla de reacción. Las estaciones de monitorización pueden estar situadas en un número de posiciones en el bucle.

10 En un modo de realización, la estación de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción está situada aguas abajo del intercambiador de calor y aguas arriba del intercambiador de calor.

De forma alternativa o de forma adicional, una estación de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción puede estar situada aguas abajo del intercambiador de calor y aguas arriba de la cámara de mezclado.

15 Una variedad de diferentes parámetros físicos y químicos se puede monitorizar en la estación de monitorización, dependiendo de la naturaleza de la reacción química exotérmica.

Típicamente, al menos una estación de monitorización mide la temperatura de la mezcla de reacción. De forma preferible, la temperatura es monitorizada por cada una de una pluralidad (por ejemplo, dos) de estaciones de monitorización.

20 Cuando los reactivos químicos son un ácido y una base, se prefiere que al menos una estación de monitorización (y preferiblemente dos o más estaciones de monitorización) midan el pH de la mezcla de reacción. La retroalimentación de información al controlador electrónico es entonces utilizada para determinar si se necesita añadir más ácido o base a la mezcla.

25 A medida que las concentraciones de reactivos y los productos de reacción en la mezcla de reacción aumentan, de manera que la viscosidad de la mezcla de reacción puede aumentar, esto lleva a una reducción en el caudal o a un incremento en la energía necesitada para bombear la mezcla de reacción alrededor del bucle. Por lo tanto, una estación de monitorización puede comprender medios para medir el caudal y/o la viscosidad de la mezcla de reacción.

30 En un modo de realización preferido de la invención, el uno o más parámetros físicos y químicos monitorizados por las estaciones de monitorización son seleccionados de, el pH, la temperatura, la tasa de flujo y la viscosidad de la mezcla de reacción.

En otro modo de realización, la estación de monitorización o estaciones de monitorización cada una mide tanto la temperatura como el pH de la mezcla de reacción.

35 Con el fin de permitir un mezclado eficiente de los reactivos y por lo tanto ayudar a que se produzca la finalización de la reacción entre los reactivos para proceder a la finalización, se pueden proporcionar uno o más mezcladores adicionales (por ejemplo, mezcladores en línea estáticos) en varias posiciones alrededor del bucle. El uso de mezcladores en línea adicionales es particularmente beneficioso en tasas de flujo más altas alrededor del bucle cuando se requiere un mezclado máximo en el periodo más corto.

40 Por ejemplo, en un modo de realización, está prevista una estación de monitorización inmediatamente aguas abajo de la cámara de mezclado y un mezclador en línea es interpuesto entre la estación de monitorización y el intercambiador de calor.

En otro modo de realización, la estación de monitorización está prevista aguas abajo del intercambiador de calor y aguas arriba de la cámara de mezclado y el mezclador en línea está situado en el bucle aguas abajo de la estación de monitorización y aguas arriba de la cámara de mezclado.

45 El aparato está provisto de una salida de residuos de manera que la mezcla de reacción consumida (o sustancialmente consumida) puede ser retirada del sistema para hacer sitio a la adición de reactivos nuevos. La salida de residuos está conectada de forma preferible al controlador electrónico de manera que una porción de la mezcla de reacción puede ser enviada a los residuos cuando uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción caen por debajo o exceden un valor predeterminado.

50 Por ejemplo, si todo el calor ha sido extraído de la mezcla de reacción en el intercambiador de calor (es decir, las temperaturas de la mezcla de reacción y líquido que pasa a través del intercambiador de calor son sustancialmente los mismos) una porción de la mezcla de reacción puede ser enviada al residuo para permitir que reactivos nuevos se introduzcan en la cámara de mezclado para generar más calor.

Además, a medida que progresa la reacción, la viscosidad de la mezcla de reacción normalmente se incrementará y el controlador electrónico puede ordenar a la salida de residuos abrirse para permitir la liberación de una porción de la mezcla de reacción una vez que la viscosidad ha excedido un valor predeterminado.

5 En muchos casos, el reciclado de la mezcla de reacción puede llevar a que las concentraciones de productos de reacción aumenten hasta el punto de que se forme una solución saturada y los productos de reacción empiecen a precipitar o a cristalizar en la solución. Cuando los reactivos son ácidos y bases, típicamente pueden comenzar a precipitar o cristalizar sales en la solución después de aproximadamente tres o cuatro ciclos. Por tanto puede estar previsto un tanque de sedimentación en o adyacente a la salida de residuos para permitir al material sólido que se sedimente fueran de la mezcla de reacción antes de la retirada a través de la salida de residuos.

10 La salida de residuos está típicamente situada aguas abajo del intercambiador de calor y, en un modo de realización, está dispuesta en o inmediatamente adyacente a una estación de monitorización aguas abajo del intercambiador de calor.

15 En un modo de realización de la invención, el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que una porción de la mezcla de reacción sea expulsada a través de la salida de residuos cuando la viscosidad de la mezcla de reacción exceda un valor predeterminado y/o el caudal de la mezcla de reacción alrededor del bucle sea menor que un valor predeterminado.

20 El aparato de la invención puede hacerse funcionar durante un periodo de tiempo a lo largo del cual se requiere un suministro de líquido calentado y el controlador electrónico puede ser programado o de otro modo configurado para proporcionar una cantidad definida de calor durante el periodo de funcionamiento. Típicamente, el controlador electrónico contendrá medios para seleccionar una temperatura deseada (temperatura objetivo) para el líquido durante el periodo de tiempo a lo largo del cual el aparato se hace funcionar.

Al final del periodo de funcionamiento, la mezcla de reacción consumida es típicamente expulsada del sistema y el bucle y opcionalmente otros componentes del sistema son enjuagados (por ejemplo con agua) para retirar cualquier traza residual de productos de reacción.

25 Después del enjuague, el aparato, o al menos el bucle, pueden ser drenados para dejarse listos para la siguiente sesión de calentamiento.

30 Por consiguiente, en un modo de realización, el dispositivo de control electrónico está programado para proporcionar una etapa de enjuague al final de un periodo predeterminado de calentamiento, sirviendo la etapa de enjuague para enjuagar el aparato de cualquier mezcla de reacción residual. De forma preferible, el dispositivo de control electrónico está programado para proporcionar una etapa de drenaje siguiente a la etapa de enjuague.

Los reactivos químicos están contenidos típicamente dentro de contenedores de almacenamiento que forman parte del aparato. De forma preferible, los reactivos químicos son introducidos en la cámara de mezclado a través de medios de dispensado en forma de soluciones, basándose en que es más fácil proporcionar una medida precisa de las cantidades de reactivos añadidos cuando están en forma líquida que cuando están en forma sólida.

35 Algunos reactivos químicos pueden ser almacenados en sus contenedores de almacenamiento en forma de sólidos y después disueltos para formar soluciones inmediatamente antes de pasar a través de los medios de dispensado y siendo introducidos en la cámara de mezclado. Esto es particularmente preferido donde la forma sólida del reactivo es estable y tiene buenas características de manipulación y donde la disolución del reactivo en el solvente es un proceso exotérmico. En dicho caso, el calor generado por la disolución del reactivo puede hacer uso de, por ejemplo, el aumento de la temperatura del otro reactivo de manera que las temperaturas de los dos reactivos a medida que pasan a través de los medios de dispensado es similar o sustancialmente idéntica. Para permitir la transferencia de calor entre las dos soluciones de reactivo, se puede proporcionar un segundo intercambiador de calor aguas arriba de los medios de dispensado.

40 Por consiguiente, en un modo de realización preferido de la invención, el aparato comprende un segundo intercambiador de calor, estando situado el segundo intercambiador de calor externamente al bucle y aguas arriba de los medios de dispensado, y teniendo una entrada y una salida para el primer reactivo químico y una entrada y una salida para el segundo reactivo químico, de manera que el calor puede intercambiarse entre el primer y segundo reactivos químicos sin mezclado de los reactivos.

45 Se puede proporcionar un mezclador aguas arriba del segundo intercambiador de calor, y medios de dosificación proporcionados para introducir en el mezclador uno de, el primer y el segundo reactivos y un disolvente para los mismos.

50 Los medios de dispensado pueden comprender dispositivos de dispensado individuales para cada uno de los reactivos o un dispositivo de medida y dispensado unitario a través del cual pasan ambos reactivos. El dispositivo de dispensado puede también tener una entrada para recibir mezcla de reacción reciclada y una salida para dispensar mezcla de reacción reciclada en la cámara de mezclado, el dispositivo de dispensado puede formar parte del bucle.

55

En un modo de realización, el primer y segundo reactivos químicos son un ácido y una base.

De forma preferible, el ácido es seleccionado de ácidos minerales y ácidos carboxílicos.

El ácido puede ser seleccionado de ácidos que tienen un valor de pka > 0, de forma más típica >2 y preferiblemente >3, por ejemplo, un valor pka en el rango de 3 a 7.

5 El ácido puede ser un ácido poli básico, siendo un ácido preferido el ácido cítrico.

La base es de forma preferible seleccionada de hidróxidos de metales alcalinos, hidróxidos metálicos alcalinotérreos, carbonatos metálicos alcalinos, carbonatos metálicos alcalinotérreos, bicarbonatos metálicos alcalinos, bicarbonatos metálicos alcalinotérreos, y aminas y mezclas de los mismos.

Ejemplos de hidróxidos metálicos alcalinos son hidróxido de litio, hidróxido de sodio e hidróxido de potasio.

10 Ejemplos de carbonatos metálicos alcalinotérreos son hidróxido de magnesio e hidróxido de calcio.

Ejemplos de bicarbonatos metálicos alcalinos son bicarbonato de sodio y bicarbonato de potasio.

Bases particulares son aminas básicas y en particular mono, di, y trialkilaminas y derivados hidroxilo de las mismas.

15 Un grupo de bases preferidas constan de mono, di, y trialkilaminas y derivados hidroxilo de las mismas en los cuales cada grupo alquil contiene de 1 a 4 átomos de carbono, de forma más preferible de 1 a 3 átomos de carbono y lo más preferible de 1 a 2 átomos de carbono. Dichas bases incluyen metilamina, dimetilamina, trimetilamina, etilamina, dietilamina, trietilamina, monoetanolamina y dietanolamina.

En un modo de realización, la base es hidróxido de sodio.

En otro modo de realización, la base es una mezcla de sodio, hidróxido y monoetanolamina.

20 En otro modo de realización, el primer reactivo es aluminio y el segundo reactivo es hidróxido metálico, preferiblemente un hidróxido metálico alcalino (tal como hidróxido de sodio o hidróxido de potasio) y más preferiblemente hidróxido de sodio.

De forma preferible el aluminio está en forma de polvo.

En otro aspecto la invención proporciona un aparato tal y como se ha definido anteriormente para calentar un líquido, cuyo aparato comprende:

25 un primer contenedor de almacenamiento que contiene un primer reactivo químico que comprende aluminio en forma de polvo;

un segundo contenedor de almacenamiento que contiene un segundo reactivo químico que comprende un hidróxido metálico alcalino;

30 una cámara de mezclado,

medios de dispensado para dispensar cantidades dosificadas del primer y segundo reactivos químicos del primer y segundo contenedor de almacenamiento en la cámara de mezclado para formar una mezcla de reacción de manera que experimentan una reacción química exotérmica para generar calor y productos de reacción, siendo uno de los productos de reacción gas hidrógeno;

35

un dispositivo de control electrónico conectado a los medios de dispensado para controlar el dispensado de las cantidades medidas de primer y segundo reactivos químicos;

40 una o más bombas para mover los reactivos químicos y la mezcla de reacción alrededor del aparato;

un intercambiador de calor que tiene una entrada y una salida para la mezcla de reacción y una entrada y una salida para dicho líquido, de manera que cuando el dicho líquido pasa a través del intercambiador de calor es calentado mediante la transferencia de calor desde la mezcla de reacción;

45

una o más estaciones de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción; estando dispuestas las estaciones de monitorización para comunicarse con el dispositivo de control electrónico; y

50 una salida de residuos para retirar uno o más productos de reacción no gaseosos del aparato;

una salida para retirar el gas hidrógeno del aparato;

- 5 en donde la cámara de mezclado, el intercambiador de calor y la una o más estaciones de monitorización están conectadas de manera que forman un bucle; y en donde el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que la mezcla de reacción sea circulada alrededor del bucle al menos dos veces, y opcionalmente, para provocar que los medios de dispensado dispensen cantidades medidas adicionales del primer y/o segundo reactivos químicos en la cámara de mezclado, y/o para provocar que una porción de la mezcla de reacción sea expulsada a través de la salida de residuos, con el fin de controlar la temperatura de la mezcla de reacción que pasa a través del intercambiador de calor.
- 10 El aluminio es de forma preferible introducido en la cámara de mezclado en forma de una suspensión acuosa. De forma preferible, el polvo de aluminio es mezclado con el agua para formar una suspensión inmediatamente antes de la entrada en la cámara de mezclado
- 15 El hidróxido metálico alcalino es típicamente hidróxido de sodio o hidróxido de potasio y preferiblemente es hidróxido de sodio.
- La reacción entre el aluminio y el hidróxido de sodio acuoso consume inicialmente hidróxido de sodio y produce aluminato de sodio que experimenta una reacción de descomposición cuando su concentración excede el límite de saturación. Se produce un precipitado cristalino de hidróxido de aluminio con la regeneración del álcali. Sobre todo sólo el aluminio y el agua son consumidos, de manera que el papel del álcali en este proceso puede verse como que es catalítico.
- 20 Una primera salida de residuos para retirar uno o más productos de reacción no gaseosos del aparato está situada típicamente entre la cámara de mezclado y el intercambiador de calor. El hidróxido de aluminio cristalino precipitado (u otro producto de reacción precipitado) es retirado, de forma preferible, en dicha salida de residuos. Por consiguiente, la salida de residuos puede estar provista de un filtro para filtrar un producto de reacción precipitado o una cámara de configuración en la cual el producto de reacción precipitado pueda sedimentarse y ser retirado a través de la salida de residuos.
- 25 Aunque el hidróxido de aluminio cristalino (u otro producto de reacción precipitado) pueden retirarse en la salida de residuos, puede suceder una precipitación adicional aguas abajo de la salida de residuos a medida que la mezcla de reacción se enfría. Con el fin de prevenir la precipitación, se puede introducir un tercer reactivo químico en el aparato aguas abajo de la primera salida de residuos y aguas arriba del intercambiador de calor.
- 30 El tercer reactivo químico puede ser un borohidruro metálico alcalino tal como borohidruro de sodio. El borohidruro de sodio reacciona con el hidróxido de aluminio para generar calor y producir hidrógeno adicional. El incremento de calentamiento proporcionado por la reacción evita la precipitación de los productos de reacción que tiene lugar en el intercambiador de calor.
- El hidrógeno producido por la reacción puede ser o bien separado por medio de un separador líquido-gas dispuesto aguas arriba del intercambiador de calor o puede ser retirado cuando la mezcla de reacción es reciclada de vuelta a la cámara de mezclado.
- 35 Los aparatos de la invención son particularmente útiles para el calentamiento de agua.
- Por consiguiente, el aparato puede formar parte de un sistema de calentamiento de agua doméstico o de un sistema de calentamiento de agua industrial o comercial.
- En un modo de realización, el aparato forma parte de un sistema de calentamiento de agua destinado a proporcionar agua para propósitos de calentamiento central o de saneamiento.
- 40 En un modo de realización, el aparato forma parte de un sistema de calentamiento de agua de una piscina de natación.
- En otro aspecto, la invención proporciona un método de calentamiento de un líquido cuyo método comprende pasar el líquido a través del intercambiador de calor de un aparato como el definido en el presente documento.
- 45 Una ventaja sustancial del aparato de la invención es que proporciona unos medios muy eficientes para calentar un líquido tal como agua con lo que las pérdidas de calentamiento al ambiente externo son minimizadas. Las pérdidas de calor pueden minimizarse aún más aislando los componentes del aparato de una manera convencional.
- Una ventaja adicional del aparato de la invención es que puede ser utilizado en ubicaciones donde suministros de red eléctrica y de red de gas no están disponibles o son restringidos. Por tanto, aunque se requiere potencia eléctrica para hacer funcionar el aparato, la cantidad de potencia requerida es relativamente pequeña y por lo tanto puede ser suministrada por fuentes renovables tal como una turbina eólica o una planta solar.
- 50 La invención se describirá ahora con más detalle (pero no limitada) por referencia al modo de realización específico mostrado en los dibujos que acompañan.
- Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática de un aparato de acuerdo con un modo de realización de la invención.

La figura 2 es una vista esquemática de un aparato de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

5 Tal y como se muestra en la figura 1, un aparato para producir calor de acuerdo con un modo de realización de la invención comprende contenedores 2 y 4 de almacenamiento, cada uno de los cuales contiene un componente de un sistema de reacción química exotérmica. El contenedor 2 de almacenamiento está conectado a través de tuberías 3a 3b a un intercambiador 6 de calor, un mezclador 6 en línea estático opcional, que está situado entre el contenedor 2 y el intercambiador 6 de calor.

10 El contenedor 4 está conectado mediante una tubería 10 a una primera estación 12 de dosificación/medida. La estación 12 de dosificación/medida tiene una entrada 14 para recibir agua de un suministro de agua (representado esquemáticamente por el número 16) y un par de salidas que están conectadas a través de tuberías 18 y 20 a un mezclador 22 en línea estático y por lo tanto a través de una tubería 24 al intercambiador 6 de calor (que constituye el segundo intercambiador de calor tal y como se ha definido en el presente documento anteriormente).

15 El intercambiador 6 de calor tiene dos salidas, una para cada uno de los componentes del sistema de reacción exotérmica (no se mezclan en el intercambiador de calor), las dos salidas que conducen a través de tuberías 26 y 28 a la estación 30 de dosificación/medida principal (que constituye los medios de dispensado tal y como se han definido en el presente documento anteriormente). El dispositivo 30 de dosificación/medida tiene un par de salidas (una para cada componente del sistema de reacción exotérmica) que conducen, a través de tuberías 32 y 34, a un mezclador 36 estático de tubería transparente (el cual constituye la cámara de mezclado tal y como se ha definido el presente documento anteriormente).

20 El mezclador 36 estático es conectado a través de una salida única a través de la tubería 38 a una primera estación 40 de monitorización la cual a su vez está conectada, mediante tuberías 42a y 42b y el mezclador 44 en línea estático, al intercambiador 46 de calor principal. La primera estación 40 de monitorización del producto está conectada de forma electrónica mediante el cable 41 a la estación 30 de dosificación/medida principal. Como una alternativa a estar conectado por el cable, podría estar prevista en su lugar una conexión inalámbrica a la estación 30 de dosificación/medida.

25 El intercambiador 46 de calor tiene una entrada 48 y una salida 50 para el agua y una salida para los productos de la reacción química exotérmica. La salida 52 conduce, a través de una tubería 54, el mezclador en línea estático y la tubería 58, a una segunda estación 60 de monitorización de producto. La segunda estación 60 de monitorización de producto tiene una salida que conduce de vuelta, a través de tuberías 62 y 64 y del mezclador 66 en línea estático, a la estación 30 de dosificación/medida principal. La segunda estación 60 de monitorización de producto también tiene una salida 68 de residuos para la retirada de reactivos consumidos. La segunda estación 60 de monitorización de producto está también conectada electrónicamente mediante un cable 61 (o de forma inalámbrica) al dispositivo 30 de dosificación/medida principal.

30 Cada una de las partes componentes del sistema mostrado en la figura 1, está aislada térmicamente para reducir o evitar las pérdidas de calor, con la excepción en ciertos casos de los elementos del sistema que preceden al primer intercambiador 6 de calor. Por tanto, por ejemplo, en los casos en los que la primera etapa en el proceso implica disolver uno de los reactivos químicos en un disolvente tal como agua, y el proceso de disolución es endotérmico, el contenedor para el reactivo químico y el conjunto de tuberías asociado que conduce hasta el primer intercambiador 6 de calor puede dejarse sin aislar para permitir que la solución de reactante disuelto tome calor de los alrededores y se acerque a la temperatura ambiente.

35 El sistema ilustrado en la figura 1 es particularmente adecuado para su uso en la generación y utilización de calor de la reacción exotérmica entre un ácido y una base, aunque puede ser utilizado y/o adaptado para el uso con otras combinaciones de reactivos químicos.

40 Por tanto, con referencia al ejemplo particular de la reacción de ácido cítrico con hidróxido de sodio o una mezcla de hidróxido de sodio y monoetanolamina, el sistema que genera calor de la invención funciona de la siguiente manera.

45 Los gránulos de hidróxido de sodio desde el contenedor 4 son transportados por una bomba de husillo excéntrico (no mostrada) a lo largo de la tubería 10 hasta la primera estación 12 de dosificación/medida donde una cantidad medida de los gránulos se mueve mediante una bomba de cavidad progresiva (no mostrada) a lo largo de la tubería 18 de salida del mezclador 22 en línea estático. Al mismo tiempo, una carga de monoetanolamina (por ejemplo en una cantidad correspondiente a aproximadamente un 1% a un 15% en peso con respecto al hidróxido de sodio) es transportada desde un depósito (no mostrado) a través de la primera estación 12 de dosificación/medida y a lo largo de la tubería 18 hasta el mezclador en línea. El agua de la fuente 16 entra en la estación 12 de dosificación/medida a través de la entrada 14 y una cantidad medida es entonces dirigida a lo largo de la tubería 20 de salida hasta el mezclador 22 en línea estático donde es mezclada con el hidróxido de sodio y la etanolamina.

ES 2 641 949 T3

La reacción entre el hidróxido de sodio y el agua es exotérmica y representa el primera fase de generación de calor del proceso. La solución acuosa tibia resultante de hidróxido de sodio y de etanolamina es entonces dirigida a lo largo de la tubería 24 hasta el intercambiador 6 de calor.

5 Una solución acuosa de ácido cítrico desde el contenedor 2 es dirigida a lo largo de tuberías 3a y 3b, a través del mezclador 8 en línea estático hasta el primer intercambiador donde intercambia calor con (pero no se mezcla con) el flujo de la solución de hidróxido de sodio y de etanolamina. La transferencia de calor entre las dos corrientes de reactivo resulta en que las temperaturas de las dos corrientes se mueven hacia la paridad.

10 Después de salir del primer intercambiador 6 de calor y moverse a lo largo de las tuberías 26 y 28 respectivamente, las corrientes de solución de ácido cítrico y de solución de hidróxido de sodio/etanolamina entran en la estación 30 de dosificación/medida principal.

15 En el comienzo del proceso de generación de calor, la estación 30 de dosificación/medida dispensa cargas de solución de ácido cítrico y de solución de hidróxido de sodio/monoetanolamina en una relación molar de 1:3 de ácido: base a lo largo de las tuberías 32 y 34 en el mezclador 36 estático de tubería transparente. Tiene lugar una reacción exotérmica entre el ácido cítrico y el hidróxido de sodio en el mezclador 36 para formar sales de citrato y generar calor. La mezcla de reacción tibia es entonces pasada a lo largo de la tubería 38 y dentro de la primera estación 40 de monitorización de producto donde se mide el pH y la temperatura de la mezcla y las medidas son enviadas de vuelta por el cable 41 a un controlador computerizado electrónico que forma parte de la estación 30 de dosificación/medida. La estación 40 de monitorización de producto también puede incluir un medidor de flujo para medir el caudal de la mezcla de reacción.

20 Después de la estación 40 de monitorización de producto, la mezcla de reacción es dirigida a través de las tuberías 42a y 42b y del mezclador 44 en línea estático al intercambiador 46 de calor principal. En el intercambiador 46, el calor es transferido desde la mezcla de reacción tibia a una corriente de agua para un suministro de agua tibia/caliente (por ejemplo agua para un suministro de agua caliente doméstico o para una piscina de natación calentada).

25 Habiendo dado todo o algo de su calor, la mezcla de reacción abandona el intercambiador 46 de calor y viaja a través de la tubería 54, el mezclador en línea estático y la tubería 58 hasta la segunda estación 60 de monitorización de producto. En la estación 60 de monitorización, se mide de nuevo el pH y la temperatura y las medidas son enviadas a lo largo del cable 61 hasta el controlador en la estación 30 de dosificación/medida.

30 Después de abandonar la segunda estación 60 de monitorización del producto, la mezcla de reacción es dirigida a través de la tubería 62, el mezclador en línea estático y la tubería 64 de vuelta a la primera estación 30 de dosificación/medida principal para completar un primer ciclo.

35 Durante su progreso alrededor del primer ciclo, el hidróxido de sodio y la monoetanolamina pueden haber experimentado una relación completa con el ácido cítrico o sólo una reacción parcial. La mezcla de reacción puede por lo tanto contener ácido o base sin reaccionar así como sal de citrato disuelta. Adicionalmente, la temperatura de la mezcla de reacción puede ser aún más alta que la temperatura objetivo del agua que pasa a través del intercambiador de calor.

40 Al final del primer ciclo por lo tanto, dependiendo del exceso de temperatura (con respecto a la temperatura objetivo del agua), y el pH de la mezcla de reacción, se pueden dispensar cargas adicionales de solución de ácido cítrico y/o de hidróxido de sodio/monoetanolamina desde la estación 30 de dosificación/medida principal en las tuberías 32 y 34 que conducen al mezclador 36. De forma alternativa, el controlador puede estar programado de tal manera que si el diferencial de temperatura entre la mezcla de reacción y la temperatura objetivo para el agua que pasa a través del intercambiador 46 de valor principal excede un valor predeterminado, no se dispensa ácido o base adicionales al mezclador 36.

45 Por consiguiente, si las estaciones 40 y 60 de monitorización de producto detectan que la temperatura de la mezcla de reacción ha caído por debajo de un valor predeterminado necesario para calentar el agua que entra en el intercambiador 46 de calor principal hasta la temperatura objetivo, se pueden dispensar cargas adicionales de ácido y de base en el mezclador 36.

La recarga de adiciones de ácido y base puede realizarse como y cuando sea necesario con el fin de mantener la mezcla de reacción a la temperatura deseada.

50 Reciclando la mezcla de reacción y monitorizando de forma cuidadosa el pH y la temperatura de la mezcla y añadiendo cargas adicionales de ácido y de base según se necesite, la mayor parte del calor generado de la reacción exotérmica y del ácido cítrico y del hidróxido de sodio/ etanolamina puede extraerse y transferirse al agua que pasa a través del intercambiador de calor principal. Debido a que el sistema está bien aislado, muy poco calor es perdido en las inmediateces.

55 El sistema ilustrado en la figura 1 está provisto de uno o más medidores de flujo (no mostrados) que pueden formar parte de las estaciones 40 y 60 de monitorización de producto o pueden estar situados en otros puntos en el circuito.

- 5 Durante cada sesión de generación de calor, la mezcla de reacción puede ser circulada de forma repetida alrededor del sistema, por ejemplo al menos cinco veces y de forma más usual por encima de aproximadamente diez veces o más. En intervalos, la mezcla de reacción consumida puede ser descargada a través de la salida 68 de residuos donde puede ser recolectada para el reciclado y reprocesamiento. La mezcla puede ser descargada y cuando sea necesario crear un espacio para que se introduzca más ácido o base en el sistema.
- 10 Después de varios ciclos, la mezcla de reacción puede alcanzar el estado de una solución saturada y las sales de citrato pueden comenzar a precipitar o cristalizar fuera de la solución. Este proceso se puede acelerar a medida que el calor es retirado de la mezcla de reacción por el intercambiador 46 de calor principal. La segunda estación de monitorización de producto puede por lo tanto incorporarse o ser conectada a un tanque o cámara de sedimentación (no mostrada) en la cual se pueden sedimentar sales precipitadas o cristalizadas por lo tanto permitiendo retirarlas más fácilmente. Con el fin de minimizar la pérdida de calor del sistema, la mezcla de reacción consumida y las sales precipitadas o cristalizadas son retiradas de forma preferible en un punto del tiempo en el que la temperatura de la mezcla de reacción está en o cerca de su valor más frío.
- 15 El proceso de calentamiento es continuado tal y como se describió anteriormente durante un periodo de tiempo requerido (por ejemplo, el tiempo necesario para calentar un volumen deseado de agua a una temperatura objetivo dada), y el sistema es entonces enjuagado con agua limpia para retirar sales y cualquier ácido y base residuales. Después del enjuague, el sistema es drenado automáticamente (a través de la salida 68 de residuos) para dejar el sistema listo para la siguiente sesión de calentamiento.
- 20 El sistema de calentamiento de la invención funciona como un sistema parcialmente cerrado. Cuando se pone en marcha el proceso, el aire es conducido fuera del sistema través de válvulas o ventilaciones de aire (no mostradas) que son después cerradas para evitar pérdidas de la mezcla de reacción. La mezcla de reacción es entonces reciclada de forma continua alrededor del sistema, siendo el sistema abierto a intervalos para permitir la adición de cargas adicionales de ácido y de base y para permitir que la mezcla de reacción consumida sea descargada a los residuos. Manteniendo el sistema cerrado entre las adiciones de reactivos y la descarga de la mezcla de reacción consumida, se puede extraer sustancialmente todo el calor disponible del sistema. Esto representa una ventaja sustancial del método y aparato de la invención y proporciona un contraste con los sistemas de calentamiento tal como los sistemas de combustión de petróleo o de gas donde la mayoría del calor producido es perdido con los gases de combustión.
- 25 Un aparato de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención es ilustrado en la figura 2.
- 30 Tal y como se muestra en la figura 2, el aparato comprende un primer contenedor 102 de almacenamiento que contiene polvo de aluminio conectado a través de una tubería 104 a un tanque 106 de mezclado preliminar montado con un agitador 108. El tanque de mezclado preliminar está conectado a través de una tubería 110 y de una bomba 112 a la cámara 114 de mezclado.
- 35 Un segundo contenedor 116 de almacenamiento que contiene hidróxido de sodio acuoso concentrado es conectado a través de una tubería 118 y una bomba 120 a la cámara 114 de mezclado.
- 40 La cámara 114 de mezclado tiene una salida en su extremo inferior que se conecta, a través de una tubería 122, a una primera cámara 124 de salida de residuos que tiene una salida 126 de residuos que conduce, a través de una tubería 128, a un tanque 130 de residuos. La cámara 124 de salida de residuos está provista de un dispositivo raspador que comprende una pluralidad de cuchillas 132 montadas en un husillo giratorio accionado por un motor 134.
- 45 La cámara 124 de salida de residuos tiene una salida 136 adicional conectada a una tubería 138 que conduce, a través de una bomba 140 y una tercera estación 142 de dosificación de reactivo, hasta el intercambiador 144 de calor. El intercambiador de calor está conectado, a través de una tubería 146, a la entrada 148 de reciclado de la cámara 114 de mezclado.
- 50 En el extremo superior de la cámara 114 de mezclado ahí una ventilación de gas hidrógeno que está conectada, a través de una tubería 150, a un quemador 152.
- 55 En uso, una cantidad medida de polvo de aluminio desde el primer contenedor 102 de almacenamiento es cargada en el tanque 106 de mezclado preliminar y se añade agua (entrada de agua no mostrada). La mezcla es agitada de forma vigorosa para formar una suspensión y bombeada rápidamente a lo largo de la tubería 106 hasta la cámara 114 de mezclado. Al añadir el agua al aluminio para formar la suspensión acuosa inmediatamente antes de cargarla en la cámara de mezclado, la pérdida de calor debida a cualquier reacción inicial entre el aluminio y el agua es minimizada.
- Una cantidad medida de solución de hidróxido de sodio concentrado desde el segundo contenedor 116 de almacenamiento es bombeada, a través de una tubería 118 y una bomba 120, a la cámara de mezclado donde reacciona con el aluminio.

El gas hidrógeno producido por la reacción del aluminio y del hidróxido de sodio es expulsado a través de la salida del extremo superior de la cámara 114 de mezclado y es transportado a través de una tubería 150 al quemador 152 donde se hace que combustione para proporcionar una fuente adicional de calor para la cámara de mezclado.

5 Después de permitir que tenga lugar la reacción entre el hidróxido de sodio y el aluminio en la cámara 114 de mezclado, se permite pasar a la mezcla de reacción fuera de la salida en el extremo inferior de la cámara de mezclado a lo largo de una tubería 122 hasta la cámara 124 de salida de residuos. En la cámara de salida de residuos, el hidróxido de aluminio precipitado se sedimenta en el fondo de la cámara y es drenado a través de la salida 126 de residuos y de la tubería 128 hasta el tanque 130 de residuos. Cualquiera hidróxido de aluminio que
10 cristaliza en las paredes de la cámara 124 es raspado mediante el dispositivo 132, 134 raspador giratorio motorizado y se permite que caiga al fondo de la cámara.

La mezcla de reacción sale de la cámara de salida de residuos a través de la salida 136 y es bombeada por la bomba 140 a lo largo de la tubería 138 hasta el intercambiador 144 de calor donde el calor es utilizado para calentar agua que fluye a través del intercambiador de calor.

15 Aunque el conjunto de tuberías está totalmente aislado, hay posiblemente alguna pérdida de calor entre la cámara de salida de residuos y el intercambiador de calor y esto puede llevar a que hidróxido de aluminio adicional precipite en las tuberías y que el intercambiador de calor por lo tanto llegue a bloquearse. Con el fin de evitar que esto ocurra, se introduce un 3er reactivo en la estación 142. El 3er reactivo en este caso es borohidruro de sodio que reacciona con el hidróxido de aluminio.

20 El calor generado por la reacción es suficiente para mantener la temperatura a un nivel en el que no sucede la sobresaturación y la precipitación. Adicionalmente, se genera hidrógeno adicional que puede ser o bien extraído en un separador de gas-líquido (no mostrado) o retirado de la mezcla una vez que la mezcla de reacción vuelve a entrar a la cámara 114 de mezcla a través de la entrada 148 de reciclado.

25 Una vez que la mezcla de reacción ha vuelto a entrar a la cámara de mezclado, se introduce una carga adicional de aluminio en la cámara para continuar el ciclo. Aunque el hidróxido de sodio funciona a modo de catalizador, algo del hidróxido de sodio será normalmente perdido en los residuos en la primera cámara 124 de salida de residuos. Por lo tanto puede ser añadida una carga adicional de hidróxido de sodio desde el contenedor 116 de almacenamiento.

30 Como con el modo de realización de la figura 1, el aparato de la figura 2 está típicamente provisto de una o más estaciones de monitorización del producto para monitorizar una o más propiedades fisicoquímicas de la mezcla de reacción (por ejemplo el pH o la temperatura) para determinar cuándo se necesita añadir reactivos adicionales. El aparato puede configurarse para dispensar cargas adicionales de reactivos de forma automática o puede proporcionar una indicación al usuario para realizar los ajustes necesarios de forma manual.

Como con el aparato de la figura 1, la mezcla de reacción es bombeada alrededor de un bucle parcialmente cerrado y es reciclada un número de veces con el fin de permitir la extracción óptima del calor antes de la descarga a los residuos.

35 Los modos de realización descritos anteriormente e ilustrados en las figuras que acompañan son meramente ilustrativos de la invención y no pretenden tener ningún efecto limitativo. Será fácilmente evidente que se pueden realizar numerosas modificaciones y alteraciones a los modos de realización específicos mostrados sin alejarse de los principios subyacentes de la invención. Todas tales modificaciones y alteraciones están destinadas a ser englobadas por esta solicitud.

40

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para calentar un líquido, cuyo aparato comprende:
una cámara de mezclado;
- 5 medios de dispensado para dispensar cantidades medidas de un primer y un segundo reactivos químicos en la cámara de mezclado para formar una mezcla de reacción de manera que los reactivos químicos experimentan una reacción química exotérmica para generar calor y uno o más productos de reacción;
- 10 un dispositivo de control electrónico conectado a los medios de dispensado para controlar el dispensado de cantidades medidas del primer y segundo reactivos químicos;
- una o más bombas para mover los reactivos químicos y la mezcla de reacción alrededor del aparato;
- 15 un intercambiador de calor que tiene una entrada y una salida para la mezcla de reacción y una entrada y una salida para dicho líquido, de manera que cuando dicho líquido pasa a través del intercambiador de calor es calentado por la transferencia de calor desde la mezcla de reacción;
- 20 una o más estaciones de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción; estando dispuestas las estaciones de monitorización para comunicarse con el dispositivo de control electrónico; y
- una salida de residuos para retirar mezcla de reacción consumida del aparato;
- 25 en donde la cámara de mezclado, el intercambiador de calor y la una o más estaciones de monitorización están conectadas de manera que forman un bucle; y caracterizado porque el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que la mezcla de reacción sea circulada alrededor del bucle al menos dos veces, y de forma opcional para provocar que los medios de dispensado dispensen cantidades medidas adicionales del primer y/o segundo reactivos químicos en la cámara de mezclado; y/o para provocar que una porción de la mezcla de reacción sea expulsada a través de la salida de residuos, con el fin de controlar la temperatura de la mezcla de reacción que pasa a través del intercambiador de calor.
- 30 2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una de dicha una o más estaciones de monitorización para monitorizar uno de los parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción está situada aguas abajo de la cámara de mezclado y aguas arriba del intercambiador de calor.
3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2, en donde un mezclador en línea se interpone entre la estación de monitorización y el intercambiador de calor.
- 35 4. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 o 3, en donde una de dicha una o más estaciones de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción está situada aguas abajo del intercambiador de calor y aguas arriba de la cámara de mezclado.
5. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en donde un mezclador en línea está situado en el bucle aguas abajo de la estación de monitorización y aguas arriba de la cámara de mezclado.
- 40 6. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el uno o más parámetros físicos o químicos monitorizados por dicha una o más estaciones de monitorización son seleccionados de, el pH, la temperatura, el caudal y la viscosidad de la mezcla de reacción.
7. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un segundo intercambiador de calor, estando situado el segundo intercambiador de calor externamente al bucle y aguas arriba de los medios de dispensado, y teniendo una entrada y una salida para el primer reactivo químico y una entrada y una salida para el segundo reactivo químico de manera que el calor puede ser intercambiado entre el primer y segundo reactivos químicos sin mezclarse los reactivos.
- 45 8. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7 en donde un mezclador está previsto aguas arriba del segundo intercambiador de calor, y medios de dosificación están previstos para introducir en el mezclador uno de, el primer y segundo reactivos y un disolvente para los mismos.
- 50 9. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que la mezcla de reacción sea circulada alrededor del bucle entre dos y diez veces.
- 55 10. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que los medios de dispensado dispensen una o más dosis adicionales

del primer y/o segundo reactivos si la temperatura de la mezcla de reacción cae por debajo de un valor predeterminado.

- 5 11. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer reactivo químico es un ácido y el segundo reactivo químico es una base y el dispositivo de control electrónico está programado (i) para provocar que los medios de dispensado dispensen una o más dosis adicionales del ácido si el pH de la mezcla de reacción excede un valor predeterminado; o (ii) para provocar que los medios de dispensado dispensen una o más dosis adicionales de la base si el pH de la mezcla de reacción cae por debajo de un valor predeterminado.
- 10 12. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el primer reactivo es aluminio y el segundo reactivo es un hidróxido metálico alcalino.
13. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el líquido que se va a calentar es agua.
14. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que forma parte de un sistema de calentamiento de agua doméstico o un sistema de calentamiento de agua industrial o comercial.
- 15 15. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 para calentar un líquido, cuyo aparato comprende:
- un primer contenedor de almacenamiento que contiene un primer reactivo químico que comprende aluminio en forma de polvo;
- 20 un segundo contenedor de almacenamiento que contiene un segundo reactivo químico que comprende un hidróxido metálico alcalino;
- una cámara de mezclado;
- 25 medios de dispensado para dispensar cantidades medidas del primer y segundo reactivos químicos desde el primer y segundo contenedores de almacenamiento en la cámara de mezclado para formar una mezcla de reacción de manera que los reactivos experimentan una reacción química exotérmica para generar calor y productos de reacción, siendo uno de los productos de reacción gas hidrógeno;
- 30 un dispositivo de control electrónico conectado a los medios de dispensado para controlar el dispensado de las cantidades medidas del primer y segundo reactivos químicos;
- una o más bombas para mover los reactivos químicos y la mezcla de reacción alrededor del aparato;
- 35 un intercambiador de calor que tiene una entrada y una salida para la mezcla de reacción y una entrada y una salida para dicho líquido, de manera que cuando dicho líquido pasa a través del intercambiador de calor es calentado por la transferencia de calor desde la mezcla de reacción;
- 40 una o más estaciones de monitorización para monitorizar uno o más parámetros físicos o químicos de la mezcla de reacción; estando dispuestas las estaciones de monitorización para comunicarse con el dispositivo de control electrónico; y una salida de residuos para retirar uno o más productos de reacción no gaseosos del aparato;
- una salida para retirar gas hidrógeno del aparato;
- 45 en donde la cámara de mezclado, el intercambiador de calor y la una o más estaciones de monitorización están conectadas de manera que forman un bucle; y en donde el dispositivo de control electrónico está programado para provocar que la mezcla de reacción sea circulada alrededor del bucle al menos dos veces y opcionalmente para provocar que los medios de dispensado dispensen cantidades medidas adicionales del primer y/o segundo reactivos químicos en la cámara de mezclado; y/o para provocar que una porción de la mezcla de reacción sea expulsada a través de la salida de residuos, con el fin de controlar la temperatura de la mezcla de reacción que pasa a través del
- 50 intercambiador de calor.

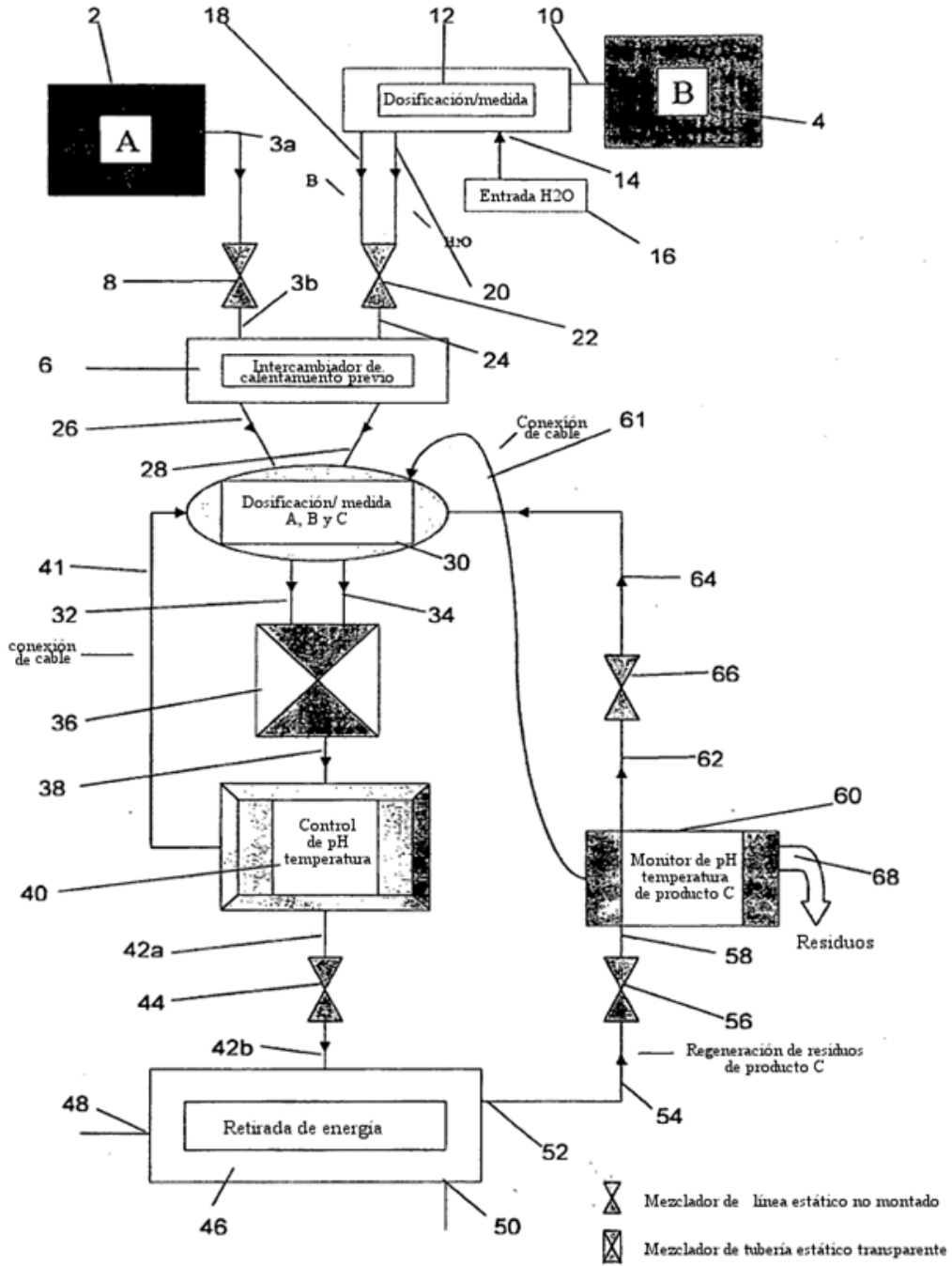


Figura 1

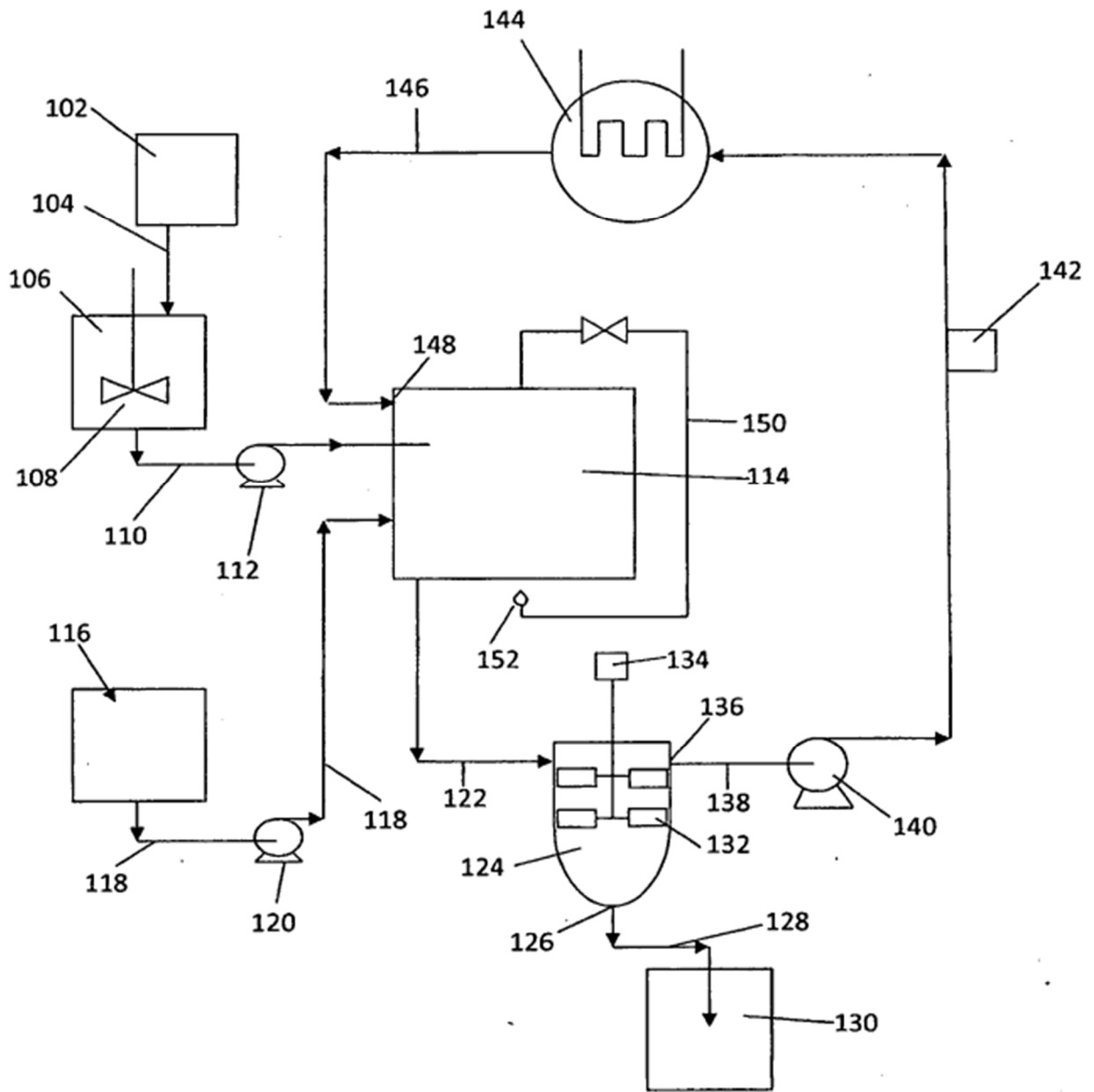


Figura 2