

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 583 356**

51 Int. Cl.:

C01B 15/023 (2006.01)

C01B 15/013 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2013** **E 13708744 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2825504**

54 Título: **Planta para la producción de peróxido de hidrógeno y proceso que la usa**

30 Prioridad:

13.03.2012 EP 12159153

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

20.09.2016

73 Titular/es:

**SOLVAY SA (100.0%)
Rue de Ransbeek, 310
1120 Brussels, BE**

72 Inventor/es:

**BLOOMFIELD, STEPHEN y
DHAESE, PATRICK MARKUS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 583 356 T3

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

DESCRIPCIÓN

Planta para la producción de peróxido de hidrógeno y proceso que la usa

5 La presente invención se refiere a un nuevo diseño de planta para producir peróxido de hidrógeno, especialmente para producir soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno y, en particular, para uso directo en una aplicación industrial. El nuevo diseño de planta es adecuado para fabricar peróxido de hidrógeno mediante el proceso de auto-oxidación de antraquinona (proceso AO).

10 La producción de peróxido de hidrógeno tal cual es bien conocido. El peróxido de hidrógeno puede producirse por diversos métodos, por ejemplo, por hidrogenación directa de oxígeno (síntesis directa) o más habitualmente por el llamado proceso de auto-oxidación de antraquinona (proceso AO). La presente invención particularmente se refiere a un nuevo diseño de planta para el proceso AO industrial más común.

15 El peróxido de hidrógeno es uno de los agentes químicos inorgánicos más importantes a producir en todo el mundo. La producción mundial de peróxido de hidrógeno creció hasta los 3,2 millones de toneladas métricas (100% de H₂O₂) en 2009. Su aplicación industrial incluye blanqueo textil, de pulpa y papel, reciclado de papel, síntesis orgánica (óxido de propileno), la fabricación de agentes químicos inorgánicos y detergentes, aplicaciones ambientales y otras aplicaciones. En el contexto de la presente invención, la aplicación industrial de blanqueo de pulpa y papel, minería o aplicaciones ambientales son de particular interés.

20 La producción de peróxido de hidrógeno se realiza por unas pocas empresas químicas que lo producen a gran escala como un concentrado de hasta el 50-70% en agua (% en peso). A causa de las características altamente oxidativas del nivel de concentración, el peróxido de hidrógeno habitualmente se ajusta a una concentración del 50% para una manipulación y transporte seguros, y se usan concentrados al 70% normalmente sólo para el transporte en larga distancia debido a razones de costes. Por razones de seguridad, el producto de peróxido de hidrógeno normalmente se diluye hasta al menos el 50% antes de su aplicación, pero para la mayoría de aplicaciones se aplicará en una concentración por debajo del 15%. Para minimizar las operaciones, la dilución hasta la concentración eficaz normalmente sucede dentro de la propia aplicación añadiendo la cantidad apropiada de una solución de mayor concentración de habitualmente no más del 50% de peróxido de hidrógeno. Finalmente, el peróxido de hidrógeno se usa en diversas concentraciones dependiendo de la aplicación, por ejemplo, en una diversidad de aplicaciones el peróxido de hidrógeno se usa en una concentración de aproximadamente el 1-15%. Algunos ejemplos particulares de dichas concentraciones (% en peso) de peróxido de hidrógeno son, dependiendo del tipo de aplicación industrial: blanqueado de pulpa 2-10%; oxidación de agua residual 1-5%; limpieza superficial de productos de consumo 1-8%. En otras aplicaciones, tales como desinfección, la concentración de peróxido de hidrógeno puede ser mayor, por ejemplo, en envasado aséptico, las concentraciones típicas pueden ser del 35% o 25%.

40 Por tanto, el peróxido de hidrógeno se produce típicamente usando un proceso cíclico de antraquinona (proceso AO), que comprende la hidrogenación de solución de trabajo de antraquinona en un reactor catalítico y la oxidación de la solución de trabajo de antraquinona hidrogenada mediante aire en un lecho compactado multi-fase o torre de placa de tamices produciendo al mismo tiempo simultáneamente peróxido de hidrógeno en la corriente orgánica, con la extracción consecutiva del peróxido de hidrógeno desde la solución de trabajo de antraquinona mediante agua en un proceso de columna de extracción contracorriente multi-fase. El disolvente orgánico de elección es típicamente una mezcla de dos tipos de disolventes, siendo uno un buen disolvente del derivado de quinona (habitualmente una mezcla de compuestos aromáticos) y siendo el otro un buen disolvente del derivado de hidroxiquinona (habitualmente un alcohol de cadena larga o éster cíclico). A continuación de dichas etapas del proceso AO principal, puede haber otras etapas de proceso complementario implicadas, tales como la separación del catalizador de hidrogenación a partir de la solución de trabajo; la recuperación y purificación limpia de la solución de trabajo de antraquinona, los disolventes accesorios, y su reciclado al hidrogenador; y la recuperación, purificación limpia y estabilización del producto de peróxido de hidrógeno.

55 Este proceso AO utiliza compuestos de alquilantraquinona, tales como 2-etilantraquinona, 2-amilantraquinona, y sus derivados 5,6,7,8-tetrahidro como compuestos de trabajo disueltos en un disolvente orgánico adecuado o mezcla de disolventes orgánicos. Estas soluciones de alquilantraquinonas se mencionan como soluciones de trabajo. En la primera fase del proceso de antraquinona (etapa de hidrogenación), la solución de trabajo se somete a hidrogenación para reducir los compuestos de trabajo a su forma hidrogenada, las alquilhidroantraquinonas. La hidrogenación de los compuestos de trabajo se consigue mezclando gas hidrógeno con la solución de trabajo y poniendo en contacto la solución resultante con un catalizador de hidrogenación apropiado. En la segunda fase del proceso AO cíclico (la etapa de oxidación), los compuestos de trabajo hidrogenados, es decir, las alquilhidroantraquinonas, se oxidan usando oxígeno, aire, o un compuesto adecuado que contiene oxígeno para producir peróxido de hidrógeno y restaurar el compuesto de trabajo a su forma original. El peróxido de hidrógeno producido en la etapa de oxidación después se retira de la solución de trabajo, típicamente por extracción con agua, y la solución de trabajo restante que contiene las alquilantraquinonas se recicla a la etapa de hidrogenación para comenzar de nuevo el proceso. La etapa de hidrogenación puede realizarse en presencia de un catalizador en lecho fluido o un catalizador en lecho fijo. Se sabe que cualquier método tiene sus ventajas y desventajas particulares.

En un reactor de hidrogenación de lecho fluido, se obtiene buen contacto entre las tres fases en el mismo y por tanto la productividad y selectividad generalmente son elevadas. Sin embargo, las partículas de catalizador pueden descomponerse por abrasión y pueden bloquear los filtros necesarios para separar el catalizador suspendido y la solución de trabajo hidrogenada. Este tipo de reactor también está sometido a retromezcla. Por tanto, el uso de catalizador suspendido frecuentemente requiere el uso de un reactor de hidrogenación más grande y un sector de filtración caro para obtener una forma completamente hidrogenada.

En el reactor de hidrogenación de lecho fijo el catalizador no erosiona tanto como el reactor de lecho fluido y, si se hace funcionar en un flujo concurrente, no provoca retromezcla. Pero la tasa de reacción de un reactor de hidrogenación de lecho fijo está limitada por la tasa relativamente lenta de disolución de hidrógeno desde la fase gaseosa en la solución de trabajo, y también por la superficie de Pd proporcionalmente inferior por unidad de peso de un lecho fijo frente a un catalizador en lecho fluido. Por lo tanto, para disolver la cantidad requerida de hidrógeno necesaria para reducir completamente todos los compuestos de trabajo, la solución de trabajo normalmente tiene que reciclarse varias veces. Por tanto, se requiere una corriente de reciclado muy grande y un reactor de hidrogenación correspondientemente grande, y así se aumentan los costes de inversión del proceso. Además, el reciclado de la solución hidrogenada provoca sobre-hidrogenación de los compuestos de trabajo de modo que son ineficaces en el proceso global.

Un tipo especial de reactores de lecho fijo son los llamados reactores de aspersión que son conocidos, en general, en la bibliografía (véase, por ejemplo, NG K. M. y CHU C. F. Chemical Engineering Progress, 1987, 83 (11), pág. 55-63). Aunque los reactores de aspersión se usan principalmente en la industria del petróleo para hidrocraqueo, hidrosulfuración, e hidrosnitrogenación, y en la industria petroquímica para la hidrogenación y oxidación de compuestos orgánicos, no obstante, el reactor de hidrogenación de aspersión también se encuentra en algunas versiones del proceso AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno. El término aspersión se usa aquí para indicar un reactor en que una fase líquida y una fase gaseosa fluyen de forma concurrente corriente abajo a través de un lecho fijo de partículas de catalizador mientras tiene lugar la reacción. La práctica actual en el funcionamiento del reactor de aspersión aún depende principalmente de correlaciones empíricas entre parámetros tales como caída de presión, coeficientes de dispersión, coeficientes de transferencia de calor y masa y caudales tanto de gas como de líquido. A partir de la bibliografía también se sabe el modo de hacer funcionar reactores de aspersión bajo diferentes patrones de flujo tales como "goteo", "pulsante", "pulverización", "burbujeo" y "burbujeo disperso". Uno de los problemas principales en el uso del régimen de aspersión, especialmente en el régimen de flujo por goteo, es la posibilidad de canalización en el reactor de hidrogenación de lecho fijo.

Los procesos AO descritos anteriormente basados en el concepto original de Riedel-Pfleiderer se diseñan para producción industrial a gran escala e incluso hasta mega-escala de peróxido de hidrógeno. Por tanto, los procesos convencionales de producción de peróxido de hidrógeno se realizan normalmente en plantas de producción de peróxido de hidrógeno de gran escala a mega-escala con capacidades de producción de aproximadamente 40.000 a 330.000 toneladas (métricas) de peróxido de hidrógeno por año. Por tanto, actualmente hay plantas en explotación industrial con una capacidad de producción de, por ejemplo, 40 a 50 kilotoneladas por año (ktpy) en el límite inferior, con una capacidad de hasta 160 ktpy, y las mega-plantas más grandes proporcionan una capacidad de 230 ktpy (Amberes) y 330 ktpy (Tailandia). En estos procesos, normalmente la capacidad de producción en caso de lechos fijos está limitada a 50 ktpy y habitualmente plantas con capacidades de producción por encima de 50 ktpy se hacen funcionar con reactores de lecho fluido.

Estos procesos AO convencionales y las respectivas plantas de producción son complicados y requieren muchas inversiones y grandes de equipo, una cantidad de personal competente para el mantenimiento del equipo y manejo de las etapas principales y complementarias del proceso, y protecciones especiales para manipular el peróxido de hidrógeno resultante en sus concentraciones habitualmente altas del 40%, y la concentración posterior hasta el 50 al 70%. Por tanto, se requiere mucha atención en la administración y frecuente mantenimiento. Además de la complejidad de dichos procesos de producción en gran escala a mega-escala, se aprecia que una parte sustancial del peróxido de hidrógeno producido tiene que transportarse, por ejemplo, en tren o camión, para usarse por los consumidores en sus propias aplicaciones industriales. Dichos transportes en tren y camión necesitan precauciones especiales en vista de las cuestiones de protección y seguridad relacionadas.

Por otro lado, una diversidad de las aplicaciones industriales de los usuarios de peróxido de hidrógeno no requiere soluciones altamente concentradas de peróxido de hidrógeno para sus aplicaciones y, por lo tanto, como ya se ha explicado anteriormente, las soluciones de peróxido de hidrógeno que se concentraron con propósitos de transporte económico, habitualmente hasta una concentración de peróxido de hidrógeno de aproximadamente el 50%, se usan solamente en una concentración inferior de, por ejemplo, el 1 al 15% en el sitio del usuario para su aplicación local específica, por ejemplo, particularmente para el uso en la industria de la pulpa y el papel o la industria textil, o para su uso en la industria minera o para aplicaciones ambientales.

Además, los actuales procesos AO de peróxido de hidrógeno a gran escala de acuerdo con el concepto de Riedel-Pfleiderer normalmente son procesos de alta demanda de capital y energía, y los costes asociados con ellos se hacen llegar a los usuarios finales de bajo volumen. Estos usuarios finales se beneficiarían de métodos para

producir peróxido de hidrógeno de forma más económica sin las inversiones concomitantes de capital y los problemas de manipulación asociados con los actuales esquemas de producción en entornos de planta local más pequeñas cercanos al sitio del usuario final.

5 La patente de Estados Unidos 5.662.878 (expedida el 2 de septiembre de 1997 y asignada a la University of Chicago) ya analiza la necesidad de un proceso que permitiera una producción eficaz de peróxido de hidrógeno en entornos de planta pequeña en un sitio industrial "anfitrión". En resumen, la patente de Estados Unidos 5.662.878 describe un método para producir peróxido de hidrógeno, que comprende suministrar una solución que contiene antraquinona; someter la solución a hidrógeno para hidrogenar la antraquinona; mezclar aire con la solución que
10 contiene antraquinona hidrogenada para oxidar la solución; poner en contacto la solución oxidada con una membrana hidrófila para producir un permeado; y recuperar el peróxido de hidrógeno del permeado. El método propuesto para producir peróxido de hidrógeno se reivindica como una característica de la utilización de las tecnologías de membrana para aislar peróxido de hidrógeno del líquido de reacción del proceso. El enfoque del contenido de la patente de Estados Unidos 5.662.878 es la utilización de la tecnología de membrana para producir
15 peróxido de hidrógeno que esté casi libre de compuestos orgánicos, y la capacidad de retener disolventes orgánicos caros en los licores de reacción para su reutilización.

De acuerdo con la patente de Estados Unidos 5.662.878 los procesos AO de Riedel-Pfleiderer se consideran inadecuados para la producción a pequeña escala y producción a media escala. Se cree que esto se debe a que la torre compactada usada para la oxidación, y la columna para la extracción de peróxido de hidrógeno son muy grandes y no se pueden aumentar o disminuir de escala fácilmente para tener modularidad y flexibilidad operativa. Además, los extractores típicos son multi-fase, de volumen muy grande y se consideran difíciles de disminuir en escala y se considera que tienden a ser muy inestables, y por tanto requieren un alto grado de control operativo.

25 Aunque se podría asumir que el proceso AO puede realizarse a escala industrial de pequeña a media para satisfacer simplemente la demanda local, en el estado actual de la técnica aún se considera que dichos procesos requieren el uso de muchas piezas de equipo, mucha atención en la administración, y frecuente mantenimiento, y que son difíciles de disminuir en escala y difíciles de hacer que sean provechosos dichos procesos. Por lo tanto, la producción industrial de peróxido de hidrógeno aún depende de instalaciones de producción a gran escala y optimizadores de proceso relacionados. Por tanto, hasta ahora no hay en funcionamiento instalaciones de producción industrial a pequeña escala (500-5.000 toneladas métricas por año) o instalaciones de producción industrial a media escala (5.000-20.000 toneladas métricas por año). Parece que la industria ignoró el potencial industrial de instalaciones de producción de peróxido de hidrógeno de pequeña a media escala o asumió los impedimentos técnicos y/o económicos para aplicar dichos métodos en pequeña a media escala para producir de
30 forma industrial peróxido de hidrógeno, en comparación con la producción industrial a gran escala bien establecida y la logística disponible para transportar el peróxido de hidrógeno, todo a pesar del peligroso proceso de concentración por destilación necesario y la concentración final del peróxido de hidrógeno con fines de transporte y la dilución finalmente requerida para su uso en el sitio del usuario.

40 Por lo tanto, incluso actualmente existe una gran necesidad en la técnica de producir peróxido de hidrógeno sin las inversiones concomitantes de capital y los problemas de manipulación asociados con los actuales esquemas de producción en gran escala a mega-escala.

La presente invención, por lo tanto, tiene como objetivo desarrollar nuevos procesos y nuevos diseños de planta asociados que permitieran la producción industrial eficaz de peróxido de hidrógeno en entornos de planta de tamaño pequeño a medio, particularmente en un sitio industrial del usuario, en sitios de bajo volumen de usuarios finales u otros sitios industriales "anfitrión" adecuados. De forma ideal, como objetivo adicional de la invención, dicha producción de peróxido de hidrógeno en pequeña a media escala en entornos de planta de tamaño pequeño a medio debe ser adecuada para realizarse en una planta de proceso AO de tamaño pequeño a medio lo más modular posible que permita un fácil ensamblaje y/o intercambio de partes individuales del equipo, servicio y mantenimiento simples, operaciones y control simples. Además, la producción industrial de peróxido de hidrógeno en pequeña a media escala debe permitir controlarse de forma remota, por ejemplo, desde un sitio de producción distante de peróxido de hidrógeno a gran escala, o cualquier otro sitio donde pueda estar centralizado el personal óptimamente formado y experimentado respecto a la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO y pueda optimizarse y mantenerse el control de la producción de peróxido de hidrógeno de un modo más práctico y económico. Por consiguiente, en vista de los objetivos mencionados anteriormente, dicha planta industrial pequeña a media del proceso AO de peróxido de hidrógeno, en particular una planta controlada de forma remota del proceso AO, debe ser lo más modular posible ("miniplanta modular del proceso AO"), y también proporcionar la capacidad de inicio, suspensión y cambio rápidos, acomodando también al mismo tiempo una variabilidad en las tasas de producción, y la planta debe ser lo más simple y robusta posible para permitir que una planta de producción de peróxido de hidrógeno respetuosa con el usuario final, que pueda controlarse fácilmente de forma remota, por ejemplo, desde otro sitio distante de producción de peróxido de hidrógeno a gran escala, y que la planta funcione de forma estable en operación continua y pueda sostenerse y mantenerse fácilmente con mínima necesidad de intervención técnica y/o física local (por ejemplo, en el sitio del usuario), y/o un mínimo de interrupción o tiempo de parada en caso de
60 servicio y mantenimiento.
65

- Particularmente, un objetivo de la presente invención es proporcionar dicho diseño de planta industrial pequeña a media del proceso AO técnica, operativa y económicamente factible, que preferiblemente permita un proceso AO de peróxido de hidrógeno de pequeño a medio controlado de forma remota y esté automatizado a un grado tal que pueda hacerse funcionar de forma fácil y segura en operación continua próxima a un sitio o en un sitio de un usuario final o sitio de aplicación industrial del usuario de peróxido de hidrógeno, y pueda sostenerse y mantenerse fácilmente con mínima necesidad de intervención técnica y/o física local (por ejemplo, en el sitio del usuario) y también permita un fácil ensamblaje y/o intercambio de partes individuales del equipo, servicio y mantenimiento simples.
- Por lo tanto, la presente invención proporciona una planta mejorada adecuada para producir de forma industrial peróxido de hidrógeno en el sitio, especialmente para su uso directo como peróxido de hidrógeno acuoso en una diversidad de aplicaciones industriales de los usuarios de peróxido de hidrógeno que no requieren soluciones altamente concentradas de peróxido de hidrógeno para sus aplicaciones. Habitualmente, la planta de la presente invención está diseñada para producir peróxido de hidrógeno para el uso directo de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno en una concentración inferior de, por ejemplo, el 1 al 15% (en peso) en el sitio del usuario para su aplicación local específica, por ejemplo, particularmente para el uso en la industria de la pulpa y el papel o la industria textil, o para su uso en la industria minera o para aplicaciones ambientales. La planta de acuerdo con la presente invención es un diseño de planta modular para realizar un miniproceto AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno, y en particular de soluciones de peróxido de hidrógeno con una concentración en el intervalo del 1 al 15% (en peso). La planta puede instalarse fácilmente en el sitio de un usuario, a causa del tamaño transportable de la mayoría de las unidades de la planta, por ejemplo, los módulos de miniplanta de AO, que se montan en una o más plataformas. Los módulos pueden fabricarse en un sitio diferente del sitio del usuario, o en casos opcionales, pueden fabricarse también en el sitio del usuario. Por tanto, el concepto de la presente invención es tener una instalación hecha de diferentes partes (unidades o módulos) que puedan fabricarse cada una en una localización diferente, después transportarse al sitio del usuario, ensamblarse juntas para fabricar la planta de peróxido de hidrógeno en el sitio. Dicho concepto también se aplica a las miniplantas de AO, es decir, para obtener una miniplanta fabricada de varios elementos que se pueden desmontar fácilmente, donde cada uno de los elementos puede fabricarse en una localización remota diferente, después transportarse a la localización de la miniplanta donde se ensamblan juntos de un modo muy simple.
- Particularmente, la invención se refiere a una planta modular industrial de fabricación de peróxido de hidrógeno donde el peróxido de hidrógeno puede fabricarse por el miniproceto AO. El término "modular" se explicará en más detalle a continuación y, por ejemplo, aunque sin limitación, significa que la planta comprende uno o más módulos que pueden fabricarse en diferentes localizaciones o la misma localización, y ensamblarse en, por ejemplo, cualquier sitio o planta del usuario de consumo industrial de peróxido de hidrógeno. La planta modular comprende módulos de plataforma para el hidrogenador (hidrogenación plataforma 1), el oxidante (plataforma de oxidante 2), opcionalmente un equipo compresor de aire del proceso (plataforma de compresor de aire del proceso 3) y opcionalmente un equipo para recuperar el disolvente (plataforma de unidad de recuperación del disolvente 4), y un medio para extraer peróxido de hidrógeno (plataforma de extracción 5). Sin embargo, habitualmente la plataforma de extracción 5 no portará la propia columna de extracción, porque normalmente sería demasiado grande para ajustarse dentro de dicha plataforma de extracción. Por tanto, normalmente la plataforma de extracción incluirá solamente el equipo auxiliar de la columna de extracción que se fabricaría y transportaría por separado. Las plataformas 3 y 4 no serían necesarias si se usara oxígeno (oxígeno "puro"), por ejemplo, especialmente cuando está disponible en suministro a granel, por ejemplo, oxígeno de calidad técnica.
- A continuación, se da una lista de los elementos principales del equipo a incluirse dentro de cada una de las plataformas indicadas. Los elementos del equipo atribuidos a cada plataforma habitualmente comprenden los siguientes.
- En la plataforma de hidrogenación: hidrogenador; compresor de reciclado de hidrógeno; filtro de catalizador; tanque de suministro de oxidante; bomba de suministro de oxidante; lecho de catalizador de protección.
- En la plataforma de oxidación: sistema de enfriamiento de suministro de oxidante; oxidante; desgasificante; bomba de suministro de extracción; condensador de gases efluentes; antivaho de gases efluentes.
- En la plataforma de compresor de aire del proceso: conjunto de compresor de aire del proceso; filtro de aire de succión; sistema de enfriamiento-condensador posterior.
- En la plataforma de recuperación del disolvente: conjunto de adsorción de carbono activado; condensador de regeneración; decantador de disolvente/agua; bomba de retorno de disolvente; bomba de retorno de agua.
- En la plataforma de extracción: columna de extracción; coalescedor; bomba de suministro del hidrogenador.
- La clave para la presente invención es su modularidad en la medida máxima posible. Esto significa que la planta modular industrial de fabricación de peróxido de hidrógeno de acuerdo con la invención es una planta para la fabricación de peróxido de hidrógeno, en particular de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el

miniproceso AO que está diseñado y ajustado en tamaño respecto a sus componentes mencionados anteriormente de modo que estos componentes, particularmente el hidrogenador, el oxidante, el compresor opcional de aire del proceso y la unidad opcional de recuperación del disolvente, y el medio para extraer peróxido de hidrógeno son elementos (módulos) individuales de la planta global que permiten la pre-fabricación, por ejemplo, en un sitio diferente del sitio donde finalmente se hace funcional la planta, son transportables y permiten un fácil ensamblaje y/o intercambio de partes individuales del equipo, servicio y mantenimiento simples. Por tanto, el término "modularidad" y términos similares equivalentes, por ejemplo, aunque sin limitación, "módulo", "modular", "modularización" significan la posibilidad y el grado al cual los componentes de un sistema, por ejemplo, de un dispositivo, equipo, herramienta, construcción, instalación de producción o incluso de una planta industrial pueden separarse y recombinarse. En esencia, modularidad se refiere, por tanto, a una técnica de ingeniería que construye sistemas más grandes combinando subsistemas más pequeños.

En el contexto de la presente invención "módulo" o "modular" se refiere al concepto de modularidad y también se refiere a "diseño modular", la disciplina de ingeniería de diseñar dispositivos complejos usando subcomponentes diseñados por separado. "Diseño modular" o "modularidad en diseño" es un enfoque que subdivide un sistema en partes más pequeñas (módulos) que pueden crearse independientemente y después usarse en diferentes sistemas para dirigir múltiples funcionalidades. Un sistema modular puede caracterizarse, por ejemplo, por lo siguiente: a) reparto funcional en módulos dimensionables concretos, reutilizables que consisten en elementos funcionales aislados, auto-suficientes; b) uso riguroso de superficies de contacto modulares bien definidas, incluyendo descripciones orientadas al objeto de funcionalidad del módulo; c) facilidad de cambio para conseguir transparencia de tecnología y, en la medida de lo posible, hacer uso de normas industriales para superficies de contacto clave. Además de la reducción en costes, por ejemplo, debido a una menor personalización, y menos tiempo de aprendizaje, y además de la flexibilidad en el diseño, la modularidad ofrece otros beneficios tales como ampliación, por ejemplo, añadiendo una nueva solución simplemente conectando un nuevo módulo, y exclusión.

Por tanto, el diseño modular combina las ventajas de normalización (un alto volumen normalmente equivale a bajos costes de fabricación) con aquellas de personalización y, por consiguiente, todas estas plataformas de la planta de proceso AO se pueden intercambiar fácilmente siempre que usen partes que den soporte a la misma superficie de contacto convencional que la plataforma remplazada y siempre que funcionen de forma eficaz en combinación con las otras plataformas.

Los expertos en la materia estarán muy familiarizados con el concepto de modularidad que se usa ampliamente en diversos campos tecnológicos y está relacionado con sistemas técnicos, y asimismo se aplica a la planta modular de la presente invención para la fabricación de peróxido de hidrógeno. Los sistemas, por ejemplo, un dispositivo, herramienta o instalaciones de fabricación se consideran "modulares", por ejemplo, cuando pueden descomponerse en varios componentes que pueden mezclarse y acoplarse en una diversidad de configuraciones. Los componentes tienen capacidad de conectar, interactuar, o intercambiar recursos (por ejemplo, tales como materiales, agentes, energía, datos) de algún modo, por adhesión a una superficie de contacto normalizada. A diferencia de un sistema firmemente integrado por el cual cada componente está diseñado para trabajar específicamente (y a menudo exclusivamente) con otros componentes particulares en un sistema firmemente acoplado, los sistemas modulares son sistemas de componentes que están más "relajadamente acoplados", lo que significa que son más flexibles con respecto a, por ejemplo, aunque sin limitación, combinación, conexión, desconexión, (pre-)fabricación, transporte, ensamblaje y/o intercambio de componentes individuales del sistema.

El uso de estructuras "más relajadamente acopladas" posibilita conseguir una flexibilidad de mayor alcance y flexibilidad a escala. Los módulos pueden conmutarse fácilmente entre diferentes sitios de fabricación o usuarios en comparación con la construcción de las capacidades del proceso AO completamente en un sitio como planta convencional. De forma global, la modularización posibilita responder a diferentes necesidades de mercado más rápidamente y una reacción más flexible y más rápida para cambiar condiciones generales o de mercado.

Por lo tanto, en el contexto de la presente invención, el significado del término "modularidad" se refiere a un nuevo diseño de planta industrial para fabricar peróxido de hidrógeno mediante el proceso AO, donde modularidad se refiere al diseño y técnica de ingeniería de construir una planta del proceso AO para fabricar peróxido de hidrógeno como los sistemas más grandes combinando las diversas plataformas mencionadas en este documento como los subsistemas más pequeños de la planta global del proceso AO; o modularidad igualmente se refiere al diseño y técnica de ingeniería para construir cada una de las diversas plataformas mencionadas en este documento como subsistemas más grandes combinando los elementos apropiados del equipo mencionados en este documento como incluso subsistemas más pequeños de cada plataforma.

Modularidad también significa el uso de partes intercambiables u opciones del equipo usadas en el proceso AO, por ejemplo, plataformas intercambiables o elementos intercambiables del equipo de cada plataforma.

Modularidad, por lo tanto, se refiere a la construcción de los módulos o plataformas para la planta del proceso AO, como se describe en este documento, uniendo juntos elementos normalizados del equipo como se menciona en este documento para formar composiciones más grandes de cada plataforma como se describe en este documento. Modularidad también cubre el principio de que una planta del proceso AO de acuerdo con la presente invención está

compuesta de módulos o partes auto-suficientes para realizar cada una de las diversas etapas del proceso AO. Por tanto, la invención proporciona un nuevo concepto de una planta del proceso AO, en particular de una miniplanta del proceso AO, donde la planta del proceso AO está compuesta de módulos independientes, cerrados, de la etapa específica del proceso, por ejemplo modularidad en el contexto de la invención se refiere a la construcción de una

5 plataforma uniendo juntos elementos normalizados del equipo para formar una plataforma más grande, por ejemplo, aunque sin limitación, la plataforma de hidrogenación, la plataforma de oxidación y la plataforma de extracción, y/o para el uso de dicho módulo montado en la plataforma como una unidad normalizada relacionada con la capacidad de producción de peróxido de hidrógeno y con la proporción correspondiente de plataformas.

10 Una planta modular del proceso AO (y también miniplanta modular del proceso AO) consiste, en líneas generales, en partes (o módulos) universal que pueden fabricarse en una fábrica y después transportarse hasta un sitio de la planta donde se ensamblan en una disposición completa de planta del proceso AO. Por lo tanto, ventajosamente la planta modular del proceso AO y en particular cualquier parte o módulo universal de la misma, por ejemplo, sus sistemas de reactor y otras partes, deben ser (muy) compactas, lo que significa que el tamaño y dimensiones de las mismas están adaptados para permitir un fácil montaje en una plataforma y/o manipulación durante el transporte,

15 instalación, conexión o desconexión y/o intercambio o remplazo.

Por tanto, el diseño modular, en particular el diseño modular compacto, permite construir plantas del proceso AO con partes fácilmente reemplazables, por ejemplo, las plataformas que usan superficies de contacto normalizadas. Este diseño modular también permite mejorar ciertos aspectos de una planta modular del proceso AO fácilmente sin tener que reconstruir otra planta del proceso AO totalmente.

20 La planta modular de la presente invención proporciona peróxido de hidrógeno producido por el proceso de auto-oxidación (proceso AO), en particular una solución acuosa de peróxido de hidrógeno, para un proceso industrial que aplica peróxido de hidrógeno como agente para realizar química en este proceso, comprendiendo dicha planta como componentes mínimos necesarios módulos montados en plataforma incluyendo uno o más módulos montados en al menos una plataforma (y preferiblemente al menos dos) seleccionadas del grupo que consiste en una plataforma de hidrogenación, una plataforma de oxidación y una plataforma de extracción.

30 **Corta descripción de los dibujos**

La *Figura 1* muestra detalles de una realización de una planta modular de acuerdo con la invención con una disposición útil de plataformas, por ejemplo, una disposición que incluye los módulos principales: la plataforma de hidrogenación, la plataforma de oxidación y la plataforma de extracción. En esta realización de ejemplo de la invención se muestra un esquema de módulos montados en plataforma que combina el oxidante y el hidrogenador en la misma plataforma. El ejemplo también muestra el coalescedor relacionado con la columna de extracción ("CLEX"). La miniplanta modular del proceso AO de este ejemplo está diseñada para una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de 7,5 ktpy.

40 La *Figura 2* muestra una evaluación lateral del hidrogenador que en este ejemplo está configurado como un hidrogenador de lecho fijo para reacción en fase líquida.

Descripción detallada de la invención

45 En su aspecto más amplio, la presente invención proporciona una planta industrial técnica, operativa y económicamente factible para la fabricación industrial de peróxido de hidrógeno, en particular de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO), siendo dicha planta una disposición de módulos montados en plataforma de diversos reactores, y opcionalmente herramientas, convencionalmente usadas en un proceso de auto-oxidación (proceso AO) para la fabricación de peróxido de hidrógeno, por ejemplo plataformas para un hidrogenador (plataforma de hidrogenación), un oxidante (plataforma de oxidación) y un medio para extraer peróxido de hidrógeno (plataforma de extracción). Esta disposición de módulos montados en plataforma es particularmente adecuada para una planta modular de tamaño pequeño a medio del proceso AO y la disposición permite un fácil ensamblaje y/o intercambio de partes individuales del equipo (módulos, plataformas), servicio y mantenimiento simples, operaciones y control simples. Este aspecto de la invención se mencionará a continuación como "concepto modular" o "diseño modular".

En más detalle, la planta modular de acuerdo con la invención se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, en particular de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO), comprendiendo el proceso hidrogenar una antraquinona en una solución de trabajo, oxidar la antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno y extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo, comprendiendo la planta al menos un módulo montado en plataforma seleccionado del grupo que consiste en

- 65 - un módulo montado en plataforma que comprende al menos un hidrogenador (reactor de hidrogenación) para hidrogenar la antraquinona en la solución de trabajo, indicado como plataforma 1 (plataforma de hidrogenación);
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un oxidante (reactor de oxidación) para oxidar la

antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno, indicado como plataforma 2 (plataforma de oxidante);

- opcionalmente un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para comprimir aire (compresor de aire del proceso), indicado como plataforma 3 (plataforma de compresor de aire del proceso), para suministrar oxígeno, en particular oxígeno del aire, en un oxidante de la plataforma 2, y en caso de presencia de plataforma 3 un módulo adicional montado en plataforma que comprende al menos un medio para recuperar el disolvente (unidad de recuperación del disolvente), indicado como plataforma 4 (plataforma de unidad de recuperación del disolvente), en particular si se usa oxígeno del aire para suministrar oxígeno en un oxidante de la plataforma 2;
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo (unidad de extracción), indicado como plataforma 5 (plataforma de extracción);
- un módulo montado en plataforma, indicado como plataforma 6, que comprende al menos un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/u opcionalmente a un tanque de almacenamiento opcionalmente con un medio adicional para ajustar la concentración de peróxido de hidrógeno.

En resumen, la planta modular de acuerdo con la invención puede comprender cinco módulos principales montados en plataforma, un hidrogenador montado en la plataforma 1, un oxidante montado en la plataforma 2, un compresor de aire del proceso montado en la plataforma 3, una unidad de recuperación del disolvente montada en la plataforma 4 y un equipo de extracción (medio para extraer peróxido de hidrógeno) montado en la plataforma 5, y un módulo montado en plataforma (plataforma 6) con un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/u opcionalmente a un tanque de almacenamiento. Estos módulos pueden montarse en plataformas individuales diferentes o, como alternativa, es posible combinar ciertos módulos en la misma plataforma. Por tanto, el hidrogenador y el oxidante, por ejemplo, pueden montarse cada uno en plataformas diferentes, una plataforma de hidrogenación 1 y una plataforma de oxidación 2 o, como alternativa, el hidrogenador y el oxidante pueden montarse juntos en la misma plataforma, indicados como plataforma combinada de hidrogenación/oxidación 1-2. Particularmente, esta opción de plataforma de combinación 1-2 puede ser el caso cuando se usan reactores de hidrogenación y oxidación intensificadas; entonces habitualmente puede instalarse un equipo auxiliar relacionado con hidrogenación y/u oxidación dentro de la misma plataforma 1-2. En el caso de la plataforma de extracción 5, dependiendo del tamaño y la capacidad de la planta modular del proceso AO, opcionalmente la plataforma de extracción 5 puede tener una columna de extracción de tamaño más pequeño y/o habitualmente es conectable simplemente a al menos una columna de extracción, especialmente de tamaño más grande. Sin embargo, normalmente la columna de extracción será demasiado grande para ajustar dentro de la plataforma de extracción 5, y en este caso portará solamente un medio auxiliar para la extracción de peróxido de hidrógeno, pero será conectable a al menos una columna de extracción. Además, es posible combinar todo o parte de cualquier medio auxiliar normalmente usado en la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO en la misma plataforma, si así se desea y si la capacidad y circunstancias globales en el sitio de la planta lo permiten.

Además, algunos módulos pueden no ser necesarios dependiendo de las condiciones del proceso global de auto-oxidación (proceso AO) y la disposición específica de la planta. Por ejemplo, en la etapa de oxidación, los compuestos de trabajo hidrogenados, es decir, las alquilhidroantraquinonas, pueden oxidarse usando oxígeno ("puro"), aire, aire oxigenado, o un compuesto adecuado que contiene oxígeno para producir peróxido de hidrógeno y restaurar el compuesto de trabajo a su forma original. Ahora, las plataformas 3 y 4 no sería necesarias si, por ejemplo, se usara oxígeno ("puro") en la etapa de oxidación, por ejemplo, en caso de un sitio donde hay oxígeno disponible en suministro a granel, porque en dicha condición y disposición de un suministro de oxígeno ("puro") no se requeriría plataforma de compresor de aire del proceso y ni plataforma de recuperación de disolvente.

Las expresiones "oxígeno" u "oxígeno puro" en el presente contexto significan un gas que consiste esencialmente en oxígeno, habitualmente oxígeno de calidad técnica u oxígeno con una pureza de oxígeno de suministro a granel, como se entiende normalmente por los expertos en la materia, con solamente cantidades mínimas de otros constituyentes del gas, y en una composición compatible con, por ejemplo, el catalizador y la solución de trabajo. Por tanto, normalmente dicho oxígeno "puro" tendrá una pureza de al menos el 90% vol., preferiblemente de al menos el 95% vol., más preferiblemente de al menos el 97% vol., y mucho más preferiblemente de al menos el 99% vol. En caso de que la pureza del oxígeno sea de al menos el 90% vol., entonces no hay necesidad de una plataforma de compresor de aire del proceso ni necesidad de una plataforma de recuperación del disolvente.

A continuación se da una lista de los elementos principales del equipo a incluirse dentro de cada plataforma de una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, especialmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) de acuerdo con la presente invención, por ejemplo, los elementos del equipo asignados a cada plataforma, por ejemplo: la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2, la plataforma opcional de compresor de aire del proceso 3, la plataforma opcional de recuperación del disolvente 4, y la plataforma de extracción 5. El significado de las expresiones usadas para el equipo y herramientas para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso de auto-oxidación, por ejemplo, expresiones como "hidrogenador", "oxidante", "extractor", "extracción", "catalizador", "solución de trabajo", "hidrógeno", "oxígeno", "oxígeno puro" "oxígeno puro en suministro a granel", "aire", "aire del proceso", "aire oxigenado", y el funcionamiento de dicho equipo y herramientas, es bien conocido para los expertos en la materia, así como para elementos complementarios relacionados.

Como se describe, la plataforma 6 comprende al menos un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/o tanque de almacenamiento. Normalmente, la solución acuosa de peróxido de hidrógeno producida puede suministrarse directamente desde la plataforma 6 hasta un punto de uso, pero en algunas circunstancias podría ser útil recoger todo o una parte de la solución en bruto de peróxido de hidrógeno en un tanque de almacenamiento antes de su suministro adicional al punto real de uso. Este puede ser el caso, por ejemplo, de tiempo de parada o de consumo reducido por la aplicación que utiliza peróxido de hidrógeno. O esto puede ser para compensar el tiempo de parada o producción reducida de peróxido de hidrógeno, por ejemplo, en caso de actividades de mantenimiento relacionadas con la planta modular del proceso AO de peróxido de hidrógeno. Por tanto, opcionalmente, la planta modular de acuerdo con la invención para la producción de (soluciones de) peróxido de hidrógeno (acuosas) por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) puede prever un tanque de almacenamiento de producto para el almacenamiento de solución en bruto de peróxido de hidrógeno producida. Sin embargo, este tanque de almacenamiento no se montaría en una plataforma, ya que este tanque de almacenamiento de producto sería demasiado grande para ajustar en una plataforma, y por tanto normalmente se construiría en el sitio. El tanque de almacenamiento, por supuesto, también estaría equipado con bombas de suministro de producto y, opcionalmente, también puede estar equipado con medios adicionales para ajustar la concentración de peróxido de hidrógeno, como en la plataforma 6. Los expertos en la materia están bien informados de cualquier equipo, sistema complementario, materiales y similares que podrían necesitarse para configurar, hacer funcionar y mantener dicho tanque de almacenamiento, así como acerca de condiciones relacionadas de funcionamiento.

En lugar de proporcionar una plataforma de análisis diferente para la planta, pero que puede preverse si así se desea, se concibe que el análisis, por ejemplo, aunque sin limitación, de la solución de peróxido de hidrógeno o la solución de trabajo, habitualmente se haga solamente de forma ocasional según se considere apropiado por los expertos en la materia, en una sección pequeña del portacabina que aloja el hardware de control (por ejemplo, mini-DCS) y bloqueo (por ejemplo, PLC de seguridad), el centro de control del motor (MCC) y la estación de mando. Los expertos en la materia están bien informados de cualquier equipo, sistema complementario, material y similares que pudieran necesitarse para configurar, hacer funcionar y mantener dicho medio para el análisis.

En este aspecto de la invención la planta modular del proceso AO comprende un equipo de seguridad o medio de seguridad (sistema de bloqueo) específico para permitir la suspensión segura y automática en caso de incidentes que requieran la interrupción de la producción de peróxido de hidrógeno por razones, por ejemplo, de seguridad u otras deficiencias con respecto al proceso o herramientas, al equipo, detectores, ordenadores, red de comunicaciones y similares. En dicho caso, la planta modular del proceso AO se controla mediante un ordenador que incluirá una PLC (capa de protección independiente) de seguridad o sistema basado en relé alambrado para el control y suspensión segura y automática de la planta en caso de anomalías (sistema de bloqueo). En dichos casos, podría enviarse un pitido o mensaje de teléfono móvil al operario local a cargo de la planta, que entonces podría entrar en la planta en un momento apropiado (puede ser el siguiente día; como la planta puede estar provista con almacenamiento de producto intermedio, el cliente o consumidor no se verá afectado) para reiniciar la planta de forma segura (por ejemplo, en este caso de suspensión segura y automática no debe preverse un inicio remoto).

Normalmente también habrá un medio para retirar la solución de trabajo usada del proceso de auto-oxidación y un medio para suministrar solución de trabajo nueva al proceso de auto-oxidación. No hay necesariamente una plataforma diferente específica necesaria para dicho medio, que puede integrarse en la misma plataforma o en una diferente como se ha indicado anteriormente como las plataformas 1 a 6. Por ejemplo, aunque sin limitación, de vez en cuando (por ejemplo, sin limitación, de forma periódica como mensualmente, trimestralmente o anualmente) puede hacerse el vaciado y reabastecimiento de solución de trabajo directamente en y desde recipientes ISO sin necesidad de almacenamiento intermitente. A pesar de que no hay necesidad de proporcionar una plataforma o módulo diferente para vaciar y reabastecer la planta, dicho equipo puede estar previsto si así se desea. Los expertos en la materia estarán bien informados de cualquier equipo, sistema complementario, material y similares que pudiera necesitarse para configurar, hacer funcionar y mantener dicho medio para el vaciado y/o reabastecimiento de la planta del proceso AO.

A pesar de que no hay necesidad de proporcionar una plataforma diferente para el almacenamiento intermitente de solución de trabajo nueva y/o para la solución de trabajo usada, en algunas circunstancias podría ser útil recoger todo o una parte de la solución de trabajo usada en un tanque de almacenamiento y/o tener solución de trabajo nueva lista para su uso en un tanque de almacenamiento antes de llenarlo en la planta del proceso AO.

Por tanto, opcionalmente, la planta modular de acuerdo con la invención para la producción de (soluciones de) peróxido de hidrógeno (acuoso) por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) puede prever dicho tanque de almacenamiento para al menos uno o para ambos de, la solución de trabajo usada y la solución de trabajo nueva. Sin embargo, dicho tanque de almacenamiento generalmente no se montaría en una plataforma, ya que sería demasiado grande para ajustar en una plataforma, y por tanto dichos tanques de almacenamiento normalmente se fabricarían en el sitio. El tanque de almacenamiento, por supuesto, también estaría preferiblemente equipado con bombas, y opcionalmente también puede estar equipado con otros medios auxiliares necesarios. Los expertos en la materia estarán bien informados de cualquier equipo, sistema complementario, material y similares que podrían

necesitarse para configurar, hacer funcionar y mantener dicho tanque de almacenamiento para la solución de trabajo usada y/o nueva, así como acerca de las condiciones de funcionamiento relacionadas. Como alternativa, también será posible acoplar uno o más tanques móviles de almacenamiento o recipientes de líquido, por ejemplo, un camión cisterna o un vagón de tren de mercancías adecuado para transportar de forma segura cantidades grandes de líquidos industriales.

Asimismo, como se ha descrito anteriormente para el equipo de análisis, en lugar de proporcionar un módulo diferente montado en plataforma que comprende uno o más medios para hacer funcionar los módulos montados en plataforma de la planta del proceso AO, pero que pueden preverse si así se desea, se concibe que el funcionamiento y el equipo de control, los materiales y sistemas complementarios también estarían en forma de un portacabina. Los expertos en la materia están bien informados de cualquier equipo, sistema complementario, material y similares que pudieran necesitarse para configurar, hacer funcionar y mantener dicho medio para el funcionamiento y control de una planta del proceso AO.

Opcionalmente, los módulos montados en plataforma empleados en el contexto de la presente invención pueden complementarse y/o suplementarse mediante instalaciones adicionales que comprenden uno o más medios para proporcionar herramientas y/u otros sistemas complementarios habitualmente empleados en el proceso de auto-oxidación según lo apropiado.

En las realizaciones de una planta para la producción de (soluciones de) peróxido de hidrógeno (acuoso) por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) de acuerdo con la presente invención, la plataforma de hidrogenación 1 normalmente comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de hidrogenador, compresor de reciclado de hidrógeno, filtro de catalizador, tanque de suministro de oxidante, bomba de suministro de oxidante y lecho de catalizador de protección.

En este documento, el significado de los términos usados para dichos elementos del equipo de la plataforma de hidrogenación y el funcionamiento de dicho equipo y de las herramientas usadas en el mismo, así como para sistemas complementarios relacionados, es bien conocido para los expertos en la materia.

Por ejemplo, el hidrogenador se entiende como un reactor o sistema reactor (unidad de hidrogenación) para hidrogenar una solución de trabajo en presencia de un catalizador, donde dicha solución de trabajo contiene al menos una antraquinona, normalmente una alquilantraquinona, disuelta en al menos un disolvente orgánico, para obtener al menos un compuesto correspondiente de antrahidroquinona, normalmente un compuesto de alquilantrahidroquinona. Junto a este componente principal de la plataforma de hidrogenación, puede incluirse un compresor de reciclado de hidrógeno, así como un filtro de catalizador para evitar la transición de catalizador potencialmente desgastado en el oxidante, el tanque de suministro de oxidante, la bomba de suministro de oxidante y el lecho de catalizador de protección como se muestra en la Fig. 1.

La hidrogenación en el hidrogenador puede realizarse de manera convencional con un catalizador típico de hidrogenación adecuado para un proceso para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO de Riedel-Pfleiderer y sus variantes. Los catalizadores típicos de hidrogenación conocidos para el proceso cíclico de antraquinona pueden usarse como catalizador en la fase de hidrogenación, por ejemplo, tales como catalizadores de metales nobles que contienen uno o más metales nobles de la serie Pd, Pt, Ir, Rh y Ru. Los catalizadores conocidos para el proceso cíclico de antraquinona pueden estar en forma de catalizadores en lecho fijo o en forma de catalizadores suspendidos, siendo capaces los catalizadores suspendidos de usarse tanto en forma de un catalizador sin soporte, por ejemplo, negro de paladio o níquel Raney, y en forma de un catalizador suspendido con soporte. Aunque pueden usarse otros metales catalíticos para el propósito de la invención, se descubrió que el catalizador de hidrogenación debe comprender preferiblemente paladio (Pd) como metal catalítico, preferiblemente en combinación con plata (Ag), y que dichos catalizadores deben usarse en la etapa de hidrogenación. Los catalizadores de paladio y paladio/plata son conocidos para los expertos en la materia, y se describen catalizadores de Pd, así como Pd/Ag optimizados para el proceso AO en el estado de la técnica. Como un ejemplo para una composición de catalizador típico de hidrogenación de Pd/Ag se hace referencia al documento WO 98/15350 (Solvay Interlox) que describe una composición de catalizador de Pd/Ag del 0,5-2,5% en peso de Pd y el 0,5-2,5% en peso de Ag, y que se usa en un proceso para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso de antraquinona.

El hidrogenador puede hacerse funcionar con un catalizador en lecho fijo de una combinación de Pd/Ag como metal catalítico. En una variante alternativa, el hidrogenador también puede hacerse funcionar con un catalizador en suspensión. El catalizador en lecho fijo habitualmente consiste en un relleno de partículas sólidas de catalizador de hidrogenación. En general es deseable que el diámetro promedio de estas partículas esté en el intervalo de aproximadamente 0,2 a 10 mm. En una realización preferida del proceso de acuerdo con la invención, los gránulos de catalizador en el lecho fijo tienen un diámetro promedio de partícula de 1 a 5 mm. Preferiblemente, el catalizador de una combinación de Pd/Ag presenta selectividad inicial alta y estabilidad a largo plazo que compensa los costes mayores en comparación con un catalizador en suspensión. Las productividades pueden mejorarse y/o los costes (transporte/fabricación) pueden disminuirse usando tamaños más bajos de partícula (por ejemplo, 1-2 mm).

En las realizaciones de una planta para la producción de (soluciones de) peróxido de hidrógeno (acuoso) por el

proceso de auto-oxidación (proceso AO) de acuerdo con la presente invención, la plataforma de oxidante 2 normalmente comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de sistema de enfriamiento de suministro de oxidante, oxidante, desgasificante, bomba de suministro de extracción, condensador de gases efluentes y antivaho de gases efluentes. En este documento, el significado de los términos usados para dichos elementos del equipo de la plataforma de oxidante y el funcionamiento de dicho equipo y de herramientas usadas en el mismo, así como para sistemas complementarios relacionados, es bien conocido para los expertos en la materia.

Por ejemplo, el oxidante se entiende como un reactor o sistema reactor (unidad de oxidación) para oxidar dicho al menos un compuesto de antrahidroquinona, normalmente un compuesto de alquilantrahidroquinona, resultante del hidrogenador con oxígeno o un gas que comprende oxígeno de nuevo en la correspondiente antrahidroquinona, normalmente compuesto de alquilantrahidroquinona, y de ese modo para obtener peróxido de hidrógeno.

La etapa de oxidación en el oxidante sigue a la etapa previa de hidrogenación del compuesto de trabajo disuelto en la solución de trabajo. En la etapa de oxidación, los compuestos de trabajo hidrogenados, es decir, las alquilhidroantraquinonas, se oxidan usando oxígeno, aire, aire oxigenado, o un compuesto adecuado que contiene oxígeno para producir peróxido de hidrógeno y restaurar el compuesto de trabajo a su forma original. La oxidación puede tener lugar de manera convencional como se sabe para el proceso AO. Pueden usarse los tipos típicos de reactor de oxidación conocidos para el proceso cíclico de antraquinona para la oxidación. Frecuentemente se usan reactores de burbujeo, a través de los cuales se pasa gas que contiene oxígeno y la solución de trabajo de forma equicorriente o de forma contracorriente. Los reactores de burbujeo pueden estar libres de dispositivos internos o preferiblemente contienen dispositivos internos en forma de rellenos o placas de tamiz. La oxidación puede realizarse a una temperatura en el intervalo de 30 a 70°C, particularmente de 40 a 60°C. La oxidación normalmente se realiza con un exceso de oxígeno, de modo que preferiblemente más del 90%, particularmente más de 95%, de las alquilantrahidroquinonas contenidas en la solución de trabajo en forma de hidroquinona se convierta en la forma de quinona. Por ejemplo, la oxidación puede realizarse en cualquier tipo de reactor de oxidación, por ejemplo, tales como CSTR (reactor de tanque de agitación continua), pero también pueden aplicarse otras formas de reactores de oxidación. El reactor de oxidación preferiblemente tiene la ventaja de ser (muy) compacto y de mostrar buen rendimiento, por ejemplo, en términos de selectividad y productividad. Opcionalmente, el reactor de oxidación puede haberse sometido a medidas de protección contra la corrosión, antes de colocarse en producción y/o durante la producción. En vista de la etapa de extracción después de la oxidación, la adición de agua puede ser beneficiosa ya en la etapa de oxidación del mini-proceso AO.

El peróxido de hidrógeno producido en la etapa de oxidación en el oxidante después se retira de la solución de trabajo, normalmente por extracción con agua, y la solución de trabajo restante que contiene las alquilantraquinonas en su forma original se recicla preferiblemente a la etapa de hidrogenación para realizar de nuevo el proceso. Por tanto, en esta realización preferida, el proceso es un proceso cíclico. En las realizaciones de una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) de acuerdo con la presente invención, la plataforma de extracción 5 para el medio para extraer el peróxido de hidrógeno normalmente comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de sistema de enfriamiento, coalescedor y bomba de suministro del hidrogenador, y opcionalmente una columna de extracción y/o que se puede conectar a una columna de extracción. Dependiendo del tamaño y capacidad de la planta modular del proceso AO, la plataforma de extracción 5 puede tener una columna de extracción de tamaño más pequeño y/o como alternativa se puede conectar a al menos una columna de extracción, especialmente de tamaño más grande. Normalmente, la columna de extracción será demasiado grande para ajustar dentro de la plataforma de extracción 5, y en este caso la plataforma 5 portará solamente un medio complementario para la extracción de peróxido de hidrógeno, pero se podrá conectar a al menos una columna de extracción. En este documento, el significado de los términos usados para dichos elementos del equipo de la plataforma de extracción y el funcionamiento de dicho equipo y de las herramientas usadas en el mismo, es bien conocido para los expertos en la materia, así como para sistemas complementarios relacionados.

La columna de extracción se entiende como un sistema para extraer el peróxido de hidrógeno, que se forma en el oxidante, con agua de la solución de trabajo para producir una solución acuosa de peróxido de hidrógeno en bruto. El coalescedor se entiende como un dispositivo tecnológico que realiza coalescencia. Un coalescedor se usa principalmente para separar emulsiones en sus componentes mediante diversos procesos y se hace funcionar de forma inversa a un emulsionante.

En las realizaciones de una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) de acuerdo con la presente invención, la plataforma opcional de compresor de aire del proceso 3 normalmente comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de conjunto de compresor de aire del proceso, filtro de aire de succión y sistema de enfriamiento-condensador posterior. En este documento, el significado de los términos usados para dichos elementos del equipo de la plataforma de compresor de aire del proceso y el funcionamiento de dicho equipo y de las herramientas usadas en el mismo, es bien conocido para los expertos en la materia, así como para sistemas complementarios relacionados.

En las realizaciones de una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) de acuerdo con la presente invención, la plataforma opcional de unidad de recuperación del disolvente 4 normalmente comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de conjunto de adsorción de carbono activado, condensador de regeneración, decantador de disolvente/agua, bomba de retorno de disolvente y bomba de retorno de agua. En este documento, el significado de los términos usados para dichos elementos del equipo de la plataforma de recuperación del disolvente y el funcionamiento de dicho equipo y de las herramientas usadas en el mismo, es bien conocido para los expertos en la materia, así como para sistemas complementarios relacionados.

Los expertos en la materia también están muy familiarizados con los principios del proceso de auto-oxidación (proceso AO) para la fabricación de peróxido de hidrógeno, por ejemplo, además del equipo típico, los sistemas complementarios y herramientas para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso de auto-oxidación, también la química del proceso, el funcionamiento del proceso, el análisis y control y la manipulación del producto de peróxido de hidrógeno, así como los procesos complementarios relacionados, son bien conocidos para los expertos en la materia. Por lo tanto, los expertos en el proceso de auto-oxidación (proceso AO) para la fabricación de peróxido de hidrógeno pueden realizar fácilmente dicho proceso AO en la planta modular de acuerdo con la invención. Esto significa que también en la planta modular de acuerdo con la presente invención, como se ha descrito anteriormente, en una primera etapa, se hidrogena un compuesto de trabajo, por ejemplo, una antraquinona, particularmente una alquilantraquinona, que se disuelve en un disolvente (por ejemplo, llamado en conjunto solución de trabajo) con hidrógeno elemental en presencia de un catalizador. Después de la hidrogenación del compuesto de trabajo disuelto en la solución de trabajo, la siguiente etapa del proceso del mini-proceso AO cíclico es la etapa de oxidación. En la etapa de oxidación, los compuestos de trabajo hidrogenados, es decir, las alquilhidroantraquinonas, se oxidan usando oxígeno, aire, aire oxigenado, o un compuesto adecuado que contiene oxígeno para producir peróxido de hidrógeno y restaurar el compuesto de trabajo a su forma original. El peróxido de hidrógeno producido en la etapa de oxidación después se retira de la solución de trabajo, normalmente por extracción con agua, y la solución de trabajo restante que contiene las alquilantraquinonas en su forma original se recicla a la etapa de hidrogenación para comenzar de nuevo el proceso.

Ya se ha mencionado anteriormente que, dependiendo del tipo de agente oxidante, la planta modular de acuerdo con la presente invención puede comprender todas las plataformas 1 a 6 o que, como alternativa, las plataformas 3 (plataforma de compresor de aire del proceso) y 4 (plataforma de recuperación del disolvente) se anularían si se usara "oxígeno" u "oxígeno puro" como agente oxidante.

Por tanto, en una realización de la invención, por ejemplo, en caso de usar aire, aire oxigenado u oxígeno con una pureza de menos del 90% vol. de oxígeno, la invención se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) que comprende una unidad de suministro de oxígeno a partir del aire usada para suministrar oxígeno en un oxidante de la plataforma 2 y que comprende adicionalmente al menos un módulo montado en plataforma seleccionado del grupo que consiste en

- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un hidrogenador (reactor de hidrogenación) para hidrogenar la antraquinona en la solución de trabajo, indicado como plataforma 1 (plataforma de hidrogenación);
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un oxidante (reactor de oxidación) para oxidar la antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno, indicado como plataforma 2 (plataforma de oxidante);
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para comprimir aire (compresor de aire del proceso), indicado como plataforma 3 (plataforma de compresor de aire del proceso), para suministrar oxígeno, en particular oxígeno procedente del aire, en un oxidante de la plataforma 2, y que comprende un módulo adicional montado en plataforma que comprende al menos un medio para recuperar el disolvente (unidad de recuperación del disolvente), indicado como plataforma 4 (plataforma de unidad de recuperación del disolvente);
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo (unidad de extracción), indicado como plataforma 5 (plataforma de extracción);
- un módulo montado en plataforma, indicado como plataforma 6, que comprende al menos un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/u opcionalmente a un tanque de almacenamiento opcionalmente con un medio adicional para ajustar la concentración de peróxido de hidrógeno.

Opcionalmente, también en esta variante de la invención, los módulos montados en plataforma empleados en el contexto de la presente invención pueden complementarse y/o suplementarse por instalaciones adicionales que comprenden uno o más medios para proporcionar sistemas complementarios y/o herramientas comúnmente empleadas en el proceso de auto-oxidación según lo apropiado.

En otra realización de la invención, por ejemplo en el caso de usar "oxígeno" u "oxígeno puro", por ejemplo oxígeno con una pureza de al menos el 90% vol. de oxígeno, la invención se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) que comprende una unidad de suministro de oxígeno ("puro") usada para suministrar oxígeno en un oxidante de la plataforma 2 y que comprende adicionalmente al menos un módulo montado en

plataforma seleccionado del grupo que consiste en

- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un hidrogenador (reactor de hidrogenación) para hidrogenar la antraquinona en la solución de trabajo, indicado como plataforma 1 (plataforma de hidrogenación);
- 5 - un módulo montado en plataforma que comprende al menos un oxidante (reactor de oxidación) para oxidar la antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno, indicado como plataforma 2 (plataforma de oxidante);
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo (unidad de extracción), indicado como plataforma 5 (plataforma de extracción);
- 10 - un módulo montado en plataforma, indicado como plataforma 6, que comprende al menos un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/u opcionalmente a un tanque de almacenamiento opcionalmente con un medio adicional para ajustar la concentración de peróxido de hidrógeno.

15 Opcionalmente, también en esta variante de la invención, los módulos montados en plataforma empleados en el contexto de la presente invención pueden complementarse y/o suplementarse por instalaciones adicionales que comprenden uno o más medios para proporcionar sistemas complementarios y/o herramientas comúnmente empleadas en el proceso de auto-oxidación según lo apropiado.

20 Las realizaciones de la presente invención se refieren al concepto modular o diseño modular de una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) que es particularmente adecuado para conseguirse como una instalación de producción de peróxido de hidrógeno que está localizada en un sitio del usuario o sitio anfitrión donde el peróxido de hidrógeno se consume en un proceso industrial del sitio del usuario o el sitio anfitrión, y en la medida en que la planta modular de acuerdo con la presente invención difiere de las plantas convencionales de gran escala a mega-
25 escala para la producción de peróxido de hidrógeno, que son habitualmente plantas de peróxido de hidrógeno que proporcionan una capacidad más grande de producción de peróxido de hidrógeno de al menos 30 kilotoneladas por año, y más habitualmente de al menos 40 kilotoneladas por año.

30 En comparación con las plantas convencionales de producción de peróxido de hidrógeno a gran escala, la planta modular de acuerdo con la invención se simplifica y automatiza lo máximo posible para permitir que se puedan hacer funcionar de forma fácil y segura y se puedan controlar de forma remota, de modo que funcione de forma estable en operación continua próxima a o en el sitio de un usuario final o sitio de aplicación industrial del usuario de peróxido de hidrógeno, y de modo que pueda sostenerse y mantenerse fácilmente con necesidad mínima de intervención técnica y/o física local (por ejemplo, en el sitio del usuario).

35 Sorprendentemente, se descubrió que dicha planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno próxima a o en el sitio de un usuario que usa peróxido de hidrógeno (sitio "anfitrión") puede conseguirse si el diseño de planta modular y el proceso AO en la misma se dimensiona a una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de escala pequeña a media. Por tanto, la planta modular de la invención es particularmente adecuada para la
40 fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO con una capacidad de producción de escala pequeña a media de peróxido de hidrógeno de hasta 20 kilotoneladas por año (ktpy), es decir, de un máximo de 20 ktpy. Preferiblemente, la planta modular de la invención está diseñada para una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 15 kilotoneladas por año (ktpy), y más preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 10 kilotoneladas por año (ktpy). La abreviatura "ktpy" en el contexto de la presente
45 invención significa la dimensión kilotoneladas por año y se refiere a toneladas métricas. Además, dicha escala de proceso de producción de peróxido de hidrógeno de escala pequeña a media se mencionará a continuación como "mini-planta de AO" (modular) y "mini-proceso AO" (modular), respectivamente.

50 Por consiguiente, en una realización preferida la invención se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) donde la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de extracción 5 junto con cualquier plataforma opcional se diseñan como un sistema reactor modular, preferiblemente como un sistema reactor modular compacto, que se configura para que funcione como un proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 20 kilotoneladas por año (ktpy),
55 preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 15 kilotoneladas por año, y más preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 10 kilotoneladas por año (ktpy).

60 Otra ventaja de la "mini-planta de AO" (modular) de acuerdo con la presente invención es que la planta modular puede diseñarse con o en particular sin una unidad de reversión, por ejemplo, sin una unidad de reversión permanente, que se habitualmente obligatorio en plantas con capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de gran escala a mega-escala.

65 Por lo tanto, una realización adicional de la invención se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) donde la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de extracción 5

5 junto con cualquier plataforma opcional se diseñan como un sistema reactor modular, preferiblemente un sistema reactor modular compacto, que se configura para funcionar sin una unidad de reversión (regeneración), preferiblemente configurada para funcionar sin una unidad de reversión (regeneración) permanente, y donde la solución de trabajo y/o el catalizador se remplazan y/o tratan para la regeneración o reactivación de forma solamente intermitente o periódica con una baja frecuencia como se define a continuación.

10 Preferiblemente, en esta variante de la invención sin una unidad de reversión (regeneración), en particular sin una unidad de reversión permanente, el sistema reactor modular se configura también para funcionar como un proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 20 kilotoneladas por año, preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 15 kilotoneladas por año, y más preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 10 kilotoneladas por año. Cualquiera de los valores mínimos y/o máximos dados en este documento para la capacidad de producción o cualquiera de los intervalos dados anteriormente para la capacidad de producción se pueden aplicar y combinar con esta variante de la invención sin una unidad (permanente) de reversión (regeneración).

15 En particular, el sistema reactor se configura para funcionar sin una unidad (permanente) de reversión (regeneración) para reversión continua o permanente de la solución de trabajo. El remplazo y/o tratamiento solamente de forma intermitente o periódica para la regeneración o para la reactivación de la solución de trabajo y/o el catalizador tiene que realizarse solamente con una baja frecuencia, por ejemplo, solamente después de periodos de una cierta duración, por ejemplo, de algunas semanas o meses. Preferiblemente, la solución de trabajo y/o el catalizador se remplazan y/o tratan para la regeneración o reactivación solamente de forma intermitente o periódica con una baja frecuencia de periodos sólo aproximadamente mensuales, preferiblemente solamente después de periodos de al menos 3 meses en el ciclo del proceso AO. El sistema reactor es preferiblemente casi completamente cerrado, por ejemplo, lo que significa que se prevén entradas y/o salidas necesarias solamente mínimas para realizar el proceso cíclico AO de hidrogenación, oxidación y la extracción del producto acuoso de peróxido de hidrógeno.

20 La planta modular de acuerdo con la invención es muy adecuada para realizar un mini-proceso AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno que está automatizado hasta tal punto que puede hacerse funcionar de modo que se requiera muy poca atención y soporte, en particular con respecto a la reversión de la solución de trabajo y/o la regeneración del catalizador de hidrogenación. La planta modular de acuerdo con la invención permite hacer funcionar un mini-proceso AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno de modo que la solución de trabajo y/o el catalizador se remplacen o traten solamente de forma intermitente o periódica con una baja frecuencia, como se ha descrito anteriormente, para la regeneración o reactivación. Este aspecto de la invención se menciona como reversión y/o regeneración "intermitente", "periódica" o "de baja frecuencia". Por tanto, en contraste con las plantas convencionales para la fabricación industrial de peróxido de hidrógeno que comprenden una unidad de reversión permanente para la reversión continua de la solución de trabajo durante el proceso AO, la planta modular de acuerdo con la presente invención se simplifica preferiblemente sin la necesidad de incluir dicha unidad de reversión permanente. Por lo tanto, cuando se realiza el proceso AO en una planta modular de acuerdo con la presente invención, la solución de trabajo se revierte y/o el catalizador se regenera de forma solamente intermitente o periódica con baja frecuencia, por ejemplo, en un punto en el tiempo cuando se alcanza la producción de una cantidad predefinida de peróxido de hidrógeno, cuando la eficacia de producción disminuye por debajo de un valor umbral predefinido de una eficacia de producción necesaria mínima, y/o cuando la cantidad de subproductos excede una cierta cantidad predefinida. Por tanto, cuando se usa una planta modular de acuerdo con la presente invención para la fabricación de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, la solución de trabajo normalmente se reemplaza por un solución de trabajo nueva o por una solución de trabajo renovada, por ejemplo una solución de trabajo extraída del sistema reactor y tratada para la reversión antes de rellenar el reactor con dicha solución de trabajo renovada, sólo de forma intermitente cuando sucede el evento mencionado anteriormente.

25 La solución de trabajo después se regenera en un equipo diferente para la reversión de los compuestos de trabajo contenidos en la solución de trabajo. Esta reversión de la solución de trabajo puede realizarse, por ejemplo, en un sitio diferente en el equipo de otra planta de producción de peróxido de hidrógeno, por ejemplo, en el respectivo equipo de regeneración de una planta de producción de peróxido de hidrógeno similar o preferiblemente de mayor escala. Como alternativa, la solución de trabajo puede regenerarse en un equipo de regeneración móvil diferente para la reversión de los compuestos de trabajo contenidos en la solución de trabajo, por ejemplo, en una unidad de regeneración móvil que se usa a petición o según lo apropiado en varias localizaciones diferentes donde se realiza un proceso pequeño a medio de fabricación de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO. Otra opción es realizar de forma intermitente o periódica la regeneración de la solución de trabajo en condiciones particulares en el equipo principal del proceso pequeño a medio de fabricación de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el propio proceso AO.

30 Normalmente, en la planta modular de la invención, el mini-proceso AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno puede realizarse de modo que la solución de trabajo y/o el catalizador se remplacen sólo periódicamente para la regeneración o reactivación, por ejemplo, habitualmente el proceso AO puede hacerse funcionar dentro de la planta

modular de la invención durante periodos de varias semanas, preferiblemente meses sin remplazo de la solución de trabajo para la regeneración (reversión) o reactivación del catalizador. El remplazo periódico de la solución de trabajo y del catalizador son independientes entre sí, pero ambos también pueden remplazarse razonablemente al mismo tiempo o en diferentes momentos o después de los mismos o diferentes periodos de funcionamiento.

5 Preferiblemente, la reversión se realiza sólo de forma intermitente después de un periodo de funcionamiento continuo del sistema reactor modular (planta modular) de al menos 3 meses, por ejemplo, la solución de trabajo normalmente se reemplaza, por una solución de trabajo nueva o por una solución de trabajo renovada, por ejemplo una solución de trabajo extraída del sistema reactor modular y tratada para la reversión antes de rellenar el sistema reactor modular con dicha solución de trabajo renovada, solamente después de periodos de al menos 3 meses de funcionamiento en el ciclo del proceso AO.

Por ejemplo, una variante de la presente invención se refiere a una planta modular donde la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de extracción 5 junto con cualquier plataforma opcional se diseñan como un sistema reactor modular, preferiblemente como un sistema reactor modular compacto, estando dicha planta modular configurada para funcionar sin una unidad de reversión (regeneración), preferiblemente configurada para funcionar sin una unidad de reversión (regeneración) permanente, donde la solución de trabajo y/o el catalizador se reemplazan y/o tratan para la regeneración o reactivación solamente de forma intermitente o periódica después de periodos de al menos 3 meses en el ciclo de las etapas del proceso AO de

20 (a) hidrogenación de una solución de trabajo en la plataforma de hidrogenación 1 (hidrogenador) en presencia de un catalizador, donde dicha solución de trabajo contiene al menos una alquilantraquinona disuelta en al menos un disolvente orgánico, para obtener al menos un correspondiente compuesto de alquilantrahidroquinona; y
 (b) oxidación de dicho al menos un compuesto de alquilantrahidroquinona en la plataforma de oxidante 2 (oxidante) para obtener peróxido de hidrógeno; y
 25 (c) extracción del peróxido de hidrógeno formado en la plataforma de oxidación 2 en una plataforma de extracción 5.

En particular, esta realización de una planta modular está configurada para funcionar sin una unidad de reversión (regeneración), preferiblemente configurada para funcionar sin una unidad de reversión (regeneración) permanente, como un proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 20 kilotoneladas por año, preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 15 kilotoneladas por año, y más preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 10 kilotoneladas por año; y en realizaciones muy preferidas cualquiera de los valores máximos dados anteriormente para la capacidad de producción o cualquiera de los intervalos dados anteriormente para la capacidad de producción se pueden aplicar y combinar con esta variante de la invención sin una unidad (permanente) de reversión (regeneración).

Dependiendo del tipo de solución de trabajo y/o catalizador, y el diseño y capacidad particulares de la miniplanta modular de AO, el mini-proceso AO puede ser tan robusto que puede hacerse funcionar dentro de la planta modular de la invención incluso durante de periodos de individualmente al menos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 o 12 meses sin remplazo de la solución de trabajo para la regeneración (reversión) o reactivación del catalizador. De acuerdo con esta variante de la invención, la solución de trabajo y/o el catalizador (contenido en la misma con el fin de producir peróxido de hidrógeno por el proceso AO) se reemplazan y/o tratan para la regeneración o reactivación sólo periódicamente después de periodos de al menos 6 meses, preferiblemente al menos 9 meses, y más preferiblemente al menos 12 meses.

Por ejemplo, habitualmente, en la práctica, el periodo de trabajo continuo puede ser individualmente de 3-4 meses, 3-5 meses, 3-6 meses, 3-7 meses, 3-8 meses, 3-9 meses, 3-10 meses, 3-11 meses, 3-12 meses ; 4-5 meses, 4-6 meses, 4-7 meses, 4-8 meses, 4-9 meses, 4-10 meses, 4-11 meses, 4-12 meses; 5-6 meses, 5-7 meses, 5-8 meses, 5-9 meses, 5-10 meses, 5-11 meses, 5-12 meses; 6-7 meses, 6-8 meses, 6-9 meses, 6-10 meses, 6-11 meses, 6-12 meses; 7-8 meses, 7-9 meses, 7-10 meses, 7-11 meses, 7-12 meses; 8-9 meses, 8-10 meses, 8-11 meses, 8-12 meses; 9-10 meses, 9-11 meses, 9-12 meses; 10-11 meses, 10-12 meses o 11-12 meses.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se describe un diseño de planta modular industrial técnica, operativa y económicamente muy adecuado y flexible, opcionalmente también controlable de forma remota, relacionado con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de escala pequeña a media, en cuya planta modular puede hacerse funcionar un "mini-proceso AO" con una capacidad máxima de producción de hasta 20 ktpy. Preferiblemente, el diseño de planta modular se dimensiona a un mini-proceso AO con una capacidad máxima de producción incluso inferior de hasta 15 ktpy (kilotoneladas por año). Habitualmente, el diseño de planta modular de acuerdo con la invención se dimensiona para hacer funcionar una miniplanta de proceso AO con una capacidad en el intervalo de 2 a 15 ktpy. Cualquiera de los valores mínimos y/o máximos dados anteriormente para la capacidad de producción o cualquiera de los intervalos dados anteriormente para la capacidad de producción se pueden aplicar y combinar con la variante de la invención sin una unidad (permanente) de reversión (regeneración).

En una realización preferida, la presente invención, por lo tanto, se refiere a una planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) donde la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de

extracción 5 junto con cualquier plataforma opcional están diseñadas como un sistema reactor modular, preferiblemente como un sistema reactor modular compacto, que está configurado para funcionar como una planta del proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno en el intervalo de 2 a 15 ktpy, preferiblemente en el intervalo de 2 a 10 ktpy.

En una variante más preferida de esta realización de la invención, la planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) se caracteriza porque la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de extracción 5 junto con cualquier plataforma opcional están diseñadas como un sistema reactor modular, preferiblemente como un sistema reactor modular compacto, que está configurado para funcionar como una planta del proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno en cualquier intervalo seleccionado de 2-3 ktpy, 3-5 ktpy, 5-7,5 ktpy, 7,5-10 ktpy, 10-12,5 ktpy, o 12,5-15 ktpy, preferiblemente en cualquier intervalo seleccionado de 2-3 ktpy, 3-5 ktpy, 5-7,5 ktpy o 7,5-10 ktpy, donde ktpy significa kilotoneladas por año.

Por ejemplo, la planta modular para la producción de (soluciones de) peróxido de hidrógeno (acuoso) por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) puede diseñarse de modo que la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de extracción 5 junto con cualquier plataforma opcional como, en particular, un sistema reactor modular compacto, pueda configurarse para funcionar como un proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de un modo flexible para una diversidad de cualquier otro intervalo dentro de dicho alcance de capacidad, por ejemplo, para proporcionar una capacidad de se ajuste mejor a las necesidades locales donde se hace funcionar el proceso. Por tanto, como un ejemplo y sin limitación, los intervalos posibles de capacidad son de 2-5 ktpy, 2-6 ktpy, 2-7 ktpy, 2-8 ktpy, 2-9 ktpy, 2-10 ktpy, 2-11 ktpy, 2-12 ktpy, 2-13 ktpy, 2-14 ktpy, 2-15 ktpy; 3-6 ktpy, 3-7 ktpy, 3-8 ktpy, 3-9 ktpy, 3-10 ktpy, 3-11 ktpy, 3-12 ktpy, 3-13 ktpy, 3-14 ktpy, 3-15 ktpy; 4-6 ktpy, 4-7 ktpy, 4-8 ktpy, 4-9 ktpy, 4-10 ktpy, 4-11 ktpy, 4-12 ktpy, 4-13 ktpy, 4-14 ktpy, 4-15 ktpy; 5-6 ktpy, 5-7 ktpy, 5-8 ktpy, 5-9 ktpy, 5-10 ktpy, 5-11 ktpy, 5-12 ktpy, 5-13 ktpy, 5-14 ktpy, 5-15 ktpy; 6-7 ktpy, 6-8 ktpy, 6-9 ktpy, 6-10 ktpy, 6-11 ktpy, 6-12 ktpy, 6-13 ktpy, 6-14 ktpy, 6-15 ktpy; 7-8 ktpy, 7-9 ktpy, 7-10 ktpy, 7-11 ktpy, 7-12 ktpy, 7-13 ktpy, 7-14 ktpy, 7-15 ktpy; 8-9 ktpy, 8-10 ktpy, 8-11 ktpy, 8-12 ktpy, 8-13 ktpy, 8-14 ktpy, 8-15 ktpy; 9-10 ktpy, 9-11 ktpy, 9-12 ktpy, 9-13 ktpy, 9-14 ktpy, 9-15 ktpy; 10-11 ktpy, 10-12 ktpy, 10-13 ktpy, 10-14 ktpy, 10-15 ktpy; 11-12 ktpy, 11-13 ktpy, 11-14 ktpy, 11-15 ktpy; 12-13 ktpy, 12-14 ktpy, 12-15 ktpy; 13-14 ktpy, 13-15 ktpy; 14-15 ktpy, donde ktpy significa kilotoneladas por año.

En una planta modular preferida para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO), la planta modular de acuerdo con la invención proporciona una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de 2.000 a 10.000 toneladas métricas por año. Típicamente, el tamaño de una planta para la fabricación de peróxido de hidrógeno depende de la capacidad de producción. Por ejemplo, dentro del intervalo preferido del diseño entre 2 y 10 ktpy, una planta de 3 ktpy de capacidad será mucho más pequeña que una planta de 10 ktpy. Por lo tanto, en una realización más preferida de la invención, por ejemplo, por razones económicas, el diseño del mini-proceso AO se refiere a la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO o a miniplantas de AO con intervalos más estrechos de capacidad, como por ejemplo, 2-3 ktpy, 3-5 ktpy, 5-7,5 ktpy o 7,5-10 ktpy. Asimismo, también para capacidades mayores, se prefieren los intervalos más estrechos de capacidad, como por ejemplo, 10-12,5 ktpy, 12,5-15 ktpy.

Cualquiera de los valores mínimos y/o máximos dados anteriormente para la capacidad de producción o cualquiera de los intervalos dados anteriormente para la capacidad de producción se pueden aplicar y combinar con la variante de la invención sin una unidad (permanente) de reversión (regeneración).

En un aspecto adicional más, la presente invención proporciona un diseño de planta modular industrial técnica, operativa y económicamente muy adecuado y flexible para una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno controlable de forma remota, de escala pequeña a media, donde es factible controlar de forma remota el "miniproceso AO" y automatizar el "miniproceso AO" a un grado tal que pueda hacerse funcionar de forma fácil y segura por control remoto, y de modo que se requiera muy poca atención local y soporte. Este aspecto de la invención se mencionará a continuación como "control remoto". Este aspecto de la invención se puede combinar con cualquier otra realización o variante de la presente invención como se describe en este documento.

Por consiguiente, en este aspecto, la presente invención se refiere a un diseño de planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) donde una o más de dichas plataformas 1 a 6 están equipadas con uno o más detectores para controlar uno o más parámetros del proceso AO en la planta de producción de peróxido de hidrógeno, estando dichos detectores interconectados con uno o más ordenadores iniciales en la planta de producción de peróxido de hidrógeno, estando vinculados dichos ordenadores iniciales mediante una red de comunicaciones a uno o más ordenadores secundarios en una sala de control que está alejada de la planta de producción de peróxido de hidrógeno, y donde dicha sala de control está controlando de forma remota dicha planta de producción de peróxido de hidrógeno.

El panel de mandos de la sala de control está conectado preferiblemente en línea con un panel de mandos remoto

que puede estar localizado en otra instalación. Esto permite manejar varias plantas modulares de producción de peróxido de hidrógeno de forma remota desde una única sala de control. Por tanto, la sala de control para controlar de forma remota la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con la presente invención puede estar localizada en cualquier otro sitio adecuado que es diferente y está distante de dicha planta modular de producción de peróxido de hidrógeno controlada de forma remota. Habitualmente, esta sala de control estará localizada o centralizada donde pueda instalarse y conectarse un equipo informático apropiado a una red de comunicaciones, y donde pueda optimizarse y mantenerse el control remoto de la producción de peróxido de hidrógeno de un modo más práctico y económico que en la propia planta modular de producción. En dicho sitio diferente de producción de peróxido de hidrógeno normalmente también hay personal disponible que está formado de forma óptima y experimentado respecto a la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO y es capaz de controlar de forma remota dicho sitio distante de producción de hidrógeno, y de intervenir de forma remota, por ejemplo, mediante la red de comunicaciones o mediante llamada de teléfono o correo electrónico y similares, o de organizar intervención local apropiada en la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno controlada de forma remota en caso de necesidad, por ejemplo, por un operario local o enviando personal de apoyo técnico especializado y experimentado o técnicos de mantenimiento.

El control remoto es, en particular, muy adecuado para controlar una o más plantas modulares de producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con la presente invención con una escala de producción de peróxido de hidrógeno de pequeña a media desde una distancia. Por lo tanto, en una variante de este aspecto de control remoto, la invención también se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) donde la sala de control que controla de forma remota la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno está localizada en otro sitio de producción de peróxido de hidrógeno que es diferente de dicha planta modular de producción de peróxido de hidrógeno controlada de forma remota, preferiblemente en otro sitio de producción de peróxido de hidrógeno con una escala más grande de capacidad de producción de peróxido de hidrógeno que en dicha planta modular de peróxido de hidrógeno controlada de forma remota, y más preferiblemente con una escala de capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de al menos 30 kilotoneladas por año, más preferiblemente de al menos 40 kilotoneladas por año, en ese sitio de producción de peróxido de hidrógeno a escala más grande.

Los detectores en la una o más plataformas o en otros medios auxiliares son normalmente parte de un sistema de control usado convencionalmente en la técnica para controlar el rendimiento de una planta de fabricación de peróxido de hidrógeno que funciona según el proceso AO. Por lo tanto, las plataformas que están equipadas con uno o más detectores para controlar uno o más parámetros del proceso AO habitualmente son aquellos del proceso AO principal tales como la unidad de hidrogenación (hidrogenador), una unidad de oxidación (oxidante), y una unidad de extracción (medio para extraer peróxido de hidrógeno), o cualquier otra unidad obligatoria u opcional del proceso AO principal. Las plataformas que están equipadas con uno o más detectores también pueden ser cualquier unidad de cualquier unidad de proceso complementario como se describe en este documento. El equipo y/o medio implicado en la fabricación de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO, por ejemplo, aunque sin limitación, puede ser uno o varios equipos seleccionados de sistemas de bombeo, válvulas, tuberías, recipientes, compresores, sistema de calentamiento y enfriamiento, salidas, medios para proporcionar energía y medios para medir la presión, temperatura, cantidad, caudal, densidad, viscosidad, actividad del catalizador, acidez, pureza, concentración, la productividad de peróxido de hidrógeno u otros parámetros del proceso relevantes para la producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO. También puede haber medios, según lo apropiado, para controlar la corriente eléctrica, el voltaje y similares.

El uno o más detectores para controlar los parámetros del proceso AO pueden ser de cualquier tipo adecuado, y son en particular aquellos ya usados comúnmente en procesos AO para dirigir el ciclo completo de producción de peróxido de hidrógeno, o cualquier etapa individual o combinada del proceso AO. En una variante de la invención, estos detectores pueden ser aquellos comúnmente usados en plantas o procesos de producción de hidrógeno de gran escala a mega-escala. O en otra variante, los detectores pueden modificarse o adaptarse específicamente a la planta o procesos de producción de peróxido de hidrógeno de escala pequeña a media. En otra variante más de la planta modular diseñada para un mini-proceso AO de acuerdo con la invención, puede estar implicada una combinación adecuada de los usados comúnmente en producción de la producción de hidrógeno de gran escala a mega-escala y los modificados o adaptados específicamente para la producción de peróxido de hidrógeno de pequeña a media escala.

El uno o más detectores pueden ser adecuados y emplearse para controlar parámetros del proceso AO, por ejemplo, aunque sin limitación, tales como presión, temperatura, cantidad, caudal, densidad, viscosidad, actividad del catalizador, acidez, pureza, concentración, productividad de peróxido de hidrógeno u otros parámetros del proceso relevantes para la producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO. Un detector o una combinación de detectores puede ser adecuado para controlar o medir directamente un parámetro relevante para la producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO, o el detector o una combinación de detectores puede controlar o medir indirectamente otros datos o una diversidad de otros datos, y después se calcula el parámetro relevante para dirigir la producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO a partir de dichos datos controlados o medidos. Además, puede usarse una cámara o una diversidad de cámaras u otro equipo óptico para medir los efectos ópticos además de controlar, medir y/o examinar el proceso AO, su equipo y medios, o

parámetros, respectivamente.

5 Por consiguiente, en este aspecto de la invención, la planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) está diseñado de tal modo que una o más de dichas plataformas 1 a 6 están equipadas con uno o más detectores para controlar uno o más parámetros del proceso AO tales como presión, temperatura, cantidad, caudal, densidad, viscosidad, actividad del catalizador, acidez, pureza, concentración, productividad de peróxido de hidrógeno u otros parámetros del proceso relevantes para la producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO.

10 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, la planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) está diseñada de modo que una o más de dichas plataformas 1 a 6 están equipadas con un equipo de seguridad o medio de seguridad para permitir una suspensión segura y automática, preferiblemente una PLC (capa de protección independiente) de seguridad o sistemas basado en relé alambrado para el control y la suspensión
15 segura y automática (sistema de bloqueo).

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar una planta modular para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO), opcionalmente para un proceso AO controlado de forma remota para la producción de peróxido de hidrógeno, siendo dicha planta modular técnica, operativa y económicamente factible y estando diseñada para funcionar como una planta de producción de peróxido de hidrógeno de pequeña a media escala preferiblemente en el sitio de un usuario de peróxido de hidrógeno usando (sitio "anfitrión"). La planta modular para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO de acuerdo con la invención, opcionalmente bajo control remoto, particularmente permite instalar y hacer funcionar una planta de producción de peróxido de hidrógeno que está localizada próxima a o en el sitio de un sitio del usuario final o sitio del usuario que utiliza el peróxido de hidrógeno en una aplicación industrial. Preferiblemente, este sitio del usuario final o del usuario es un sitio con una aplicación industrial de peróxido de hidrógeno seleccionada de industria de la pulpa y el papel o la industria textil, o la industria minera o sitios con aplicaciones ambientales.

30 Por consiguiente, la invención también se refiere a una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación (proceso AO) donde la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno está localizada próxima a o en el sitio de un sitio del usuario final o un sitio del usuario que utiliza el peróxido de hidrógeno en una aplicación industrial, preferiblemente próxima a o en el sitio de un sitio del usuario final o usuario con una aplicación industrial de peróxido de hidrógeno seleccionada de la industria de la pulpa y el papel o la industria textil, o la industria minera o sitios con aplicaciones ambientales.

Además, en general no se requiere destilación del peróxido de hidrógeno, por ejemplo, la planta modular del proceso AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno, particularmente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, no comprende una unidad de destilación y el peróxido de hidrógeno en bruto de baja concentración está listo para utilizarse en la aplicación de los usuarios. Esto es una ventaja de la producción de peróxido de hidrógeno en el sitio de un usuario final (cliente) que consume peróxido de hidrógeno, porque la planta modular del proceso AO puede evitar la destilación que se realiza habitualmente en las plantas a gran escala para convertir el peróxido de hidrógeno en una forma concentrada más adecuada por razones de transporte. Por ejemplo, la concentración de peróxido de hidrógeno en un proceso convencional a gran escala es habitualmente del 40%, se destila y se transporta con una concentración del 50 al 70%. Por el contrario, la diana para la fabricación de peróxido de hidrógeno en el proceso AO modular de acuerdo con la invención es una concentración del 10-15% de peróxido de hidrógeno.

50 Normalmente, la planta modular de acuerdo con la invención para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO, opcionalmente bajo control remoto, es particularmente adecuado para hacerse funcionar de tal modo que desde la unidad de extracción se suministre al menos una parte de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno a un sitio de uso que está próximo a la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente próxima a la plataforma de extracción de dicha planta modular de producción de peróxido de hidrógeno. De forma ideal, en esta variante de la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con la invención la solución acuosa de peróxido de hidrógeno se suministra como una solución acuosa de peróxido de hidrógeno que contiene una concentración predeterminada de peróxido de hidrógeno que es adecuada para utilizarse directamente en la aplicación industrial especificada del sitio de uso.

60 Por tanto, se proporciona la planta modular de producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con la invención para la fabricación de peróxido de hidrógeno por el proceso AO que puede suministrar una solución en bruto de peróxido de hidrógeno en una concentración lista para su uso en una aplicación industrial. La solución en bruto de peróxido de hidrógeno resultante es fácilmente adecuada para su uso en el sitio anfitrión, por ejemplo, como agente blanqueante en el sitio anfitrión de la industria de la pulpa y el papel o de la industria textil, o en un sitio con aplicaciones de minería y ambientales. Por tanto, la concentración de peróxido de hidrógeno en las soluciones acuosas resultantes de la etapa de extracción de acuerdo con la invención puede ajustarse específicamente a las

necesidades el usuario final en el sitio anfitrión (satélite), y la concentración puede estar en el intervalo de hasta el 15%, preferiblemente en el intervalo del 2-15%, más preferiblemente del 5-15%, y muchos más preferiblemente en el intervalo del 10-15%. Otros intervalos adecuados de la solución en bruto de peróxido de hidrógeno resultante del mini-proceso AO de acuerdo con la invención pueden ser del 2-5%, 2-6%, 2-7%, 2-8%, 2-9%, 2-10%, 2-11%, 2-12%, 2-13%, 2-14%, 2-15%; 3-6%, 3-7%, 3-8%, 3-9%, 3-10%, 3-11%, 3-12%, 3-13%, 3-14%, 3-15%; 4-6%, 4-7%, 4-8%, 4-9%, 4-10%, 4-11%, 4-12%, 4-13%, 4-14%, 4-15%; 5-6%, 5-7%, 5-8%, 5-9%, 5-10%, 5-11%, 5-12%, 5-13%, 5-14%, 5-15%; 6-7%, 6-8%, 6-9%, 6-10%, 6-11%, 6-12%, 6-13%, 6-14%, 6-15%; 7-8%, 7-9%, 7-10%, 7-11%, 7-12%, 7-13%, 7-14%, 7-15%; 8-9%, 8-10%, 8-11%, 8-12%, 8-13%, 8-14%, 8-15%; 9-10%, 9-11%, 9-12%, 9-13%, 9-14%, 9-15%; 10-11%, 10-12%, 10-13%, 10-14%, 10-15%; 11-12%, 11-13%, 11-14%, 11-15%; 12-13%, 12-14%, 12-15%; 13-14%, 13-15%, o 14-15%.

La planta modular del proceso AO, en particular la miniplanta del proceso AO de la presente invención puede hacerse funcionar como una planta satélite descentralizada de una planta madre central para la producción de peróxido de hidrógeno, mediante lo cual esta planta satélite puede estar localizada en cualquier sitio industrial o del usuario final, incluso remoto, con la única condición previa de que en esta instalación o sitio satélite el hidrógeno y otras herramientas comunes estén fácilmente disponibles para el mini-proceso AO. Por tanto, la miniplanta del proceso AO puede hacerse funcionar de un modo descentralizado como una planta satélite distante, incluso muy distante de una planta madre central a gran escala. Por lo tanto, en la planta satélite no se requieren instalaciones o medios para regenerar (revertir) de forma continua y simultánea la solución de trabajo y/o para reactivar el catalizador de hidrogenación durante el proceso AO. Por su momento, por ejemplo, después de los periodos mencionados anteriormente de funcionamiento continuo del mini-proceso AO, la solución de trabajo y/o el catalizador se extraen de la planta satélite y se reemplazan por una solución de trabajo nueva o revertida, o el catalizador se reemplaza por un catalizador nuevo o reactivado, respectivamente. La solución de trabajo y/o el catalizador extraídos de la planta satélite después se transportan a la planta madre central con el propósito de regeneración (reversión) o reactivación, respectivamente.

Junto al equipo "esencial" de la planta modular del proceso AO de acuerdo con la invención como se ha descrito anteriormente, la planta modular también puede comprender varios equipos "auxiliares" típicos (por ejemplo, control de la acidez de la solución de trabajo; instalación de hidrógeno disponible en el sitio remoto/satélite). Sin embargo, de acuerdo con el concepto de una planta modular simplificada, preferiblemente descentralizada y/o remota satélite del proceso AO localizada en el sitio de un usuario final, la cantidad de equipos auxiliares se mantiene lo más baja posible y habitualmente se limita a la necesidad mínima para un funcionamiento continuo del proceso AO en la planta modular y/o satélite lo más simple posible, pero también robusta y estable sobre los periodos indicados anteriormente sin demasiada intervención física o técnica en la planta modular y/o satélite durante dichos periodos.

Dicha planta de acuerdo con la presente invención que comprende partes ensambladas en varias plataformas, tiene muchas ventajas. Por ejemplo, las plataformas pueden pre-ensamblarse y ensayarse en una fábrica; por tanto, son un tipo de producto "listo para su uso", y solamente tiene que montarse en el sitio. Esto ahorra tiempo. También es mucho más fácil desmontar plataformas específicas para el mantenimiento, reparación o sustitución por plataformas que comprenden partes con la misma función, pero rendimiento mejorado, o con menor o mayor producción total. También hay mejoras en la seguridad: por ejemplo, como se ha explicado anteriormente, no se requiere la destilación peligrosa del peróxido de hidrógeno no el transporte de soluciones altamente concentradas de peróxido de hidrógeno. La capacidad de la planta puede ampliarse añadiendo módulos. Preferiblemente, las plataformas tienen tamaño de contenedor marítimo que permite, por tanto, el fácil transporte de los módulos.

A menudo, la estructura de la plataforma es un armazón de acero pintado en que todos los equipos están fijos; están diseñados para instalación en el exterior. Los paneles, puertas y techos, si se fijan a la estructura externa de la plataforma, implica que las dimensiones externas de la plataforma exceden las dimensiones convencionales del contenedor marítimo. Si fuera necesario, dichas plataformas se prefabrican y los paneles, puertas y el techo, respectivamente, se ensamblan en las plataformas en el sitio. Las plataformas pueden anclarse en una losa de hormigón existente o por o sobre cimientos específicos.

La ventaja de las plataformas es, por ejemplo, que se fabrican, canalizan, cablean y ensamblan juntas antes del ensayo en el taller. Se prefiere que se construyan de modo que las superficies de contacto entre las plataformas se minimicen y que todas las partes en la respectiva plataforma sean accesibles lo más fácilmente posible para su mantenimiento, inspección o reparación.

Una ventaja adicional de las plataformas es el aspecto seguro, una producción fiable de peróxido de hidrógeno durante 24 h y 7 días a la semana de solución de peróxido de hidrógeno de pureza en bruto lista para su uso.

Como una ventaja particular, la presente invención proporciona una planta modular para realizar un proceso AO para la fabricación de peróxido de hidrógeno, particularmente un mini-proceso AO, como se ha descrito anteriormente, pudiendo estar dicha planta automatizada en tal medida que pueda hacerse funcionar por control remoto de un modo que requiera muy poca atención local y soporte en el sitio de peróxido de hidrógeno y, por lo tanto, es adecuada como una planta de peróxido de hidrógeno localizada próxima a o en un sitio del usuario o cualquier otro sitio "anfitrión".

5 La miniplanta modular de AO de acuerdo con la presente invención tiene la ventaja de que es compacta, ya que se ha eliminado un par de equipos y etapas del proceso que se realizan en procesos AO convencionales o ahora se realizan en un equipo más simple, o ahora se realizan de un modo más económica y técnicamente factible de forma remota en un planta madre distante de gran escala a mega-escala que proporciona instalaciones optimizadas y personal especializado, y desde donde, opcionalmente, también pueden controlarse de forma remota los parámetros del proceso. Se aprecia que la miniplanta de AO de acuerdo con la presente invención muy preferiblemente no comprende una unidad (permanente) para la reversión (regeneración) de la solución de trabajo o una unidad para la reactivación del catalizador de reactivación. En una realización preferida de la invención, por lo tanto, dicha planta madre distante de gran escala a mega-escala proporciona una unidad central de reversión y un proceso para la regeneración periódica de la solución de trabajo y/o instalaciones para la reactivación periódica del catalizador de hidrogenación de la miniplanta satélite de AO.

15 La planta modular del proceso AO descrita de acuerdo con la presente invención tiene la ventaja de que puede tratar adecuadamente con necesidades específicas de un usuario final con respecto al uso de soluciones de peróxido de hidrógeno, por ejemplo, las cantidades requeridas en momentos dados de producción, la concentración y calidad de las mismas, en sus propios procesos industriales, mientras al mismo tiempo la planta modular del proceso AO de acuerdo con la invención se centra en las necesidades esenciales en el sitio del usuario final, requiere menos piezas del equipo, menos atención en la administración, y menos mantenimiento en comparación con plantas convencionales de producción de peróxido de hidrógeno a gran escala. Por tanto, con la presente invención, se proporciona una planta modular y eficaz del proceso AO de peróxido de hidrógeno que es económicamente factible, incluso a una capacidad de fabricación industrial de peróxido de hidrógeno de pequeña a media escala. Por lo tanto, la presente invención constituye una mejora considerable sobre los procesos conocidos para producir peróxido de hidrógeno y, en particular, soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno muy adecuadas para la aplicación industrial de los usuarios finales.

25 Aunque la invención se ha descrito con referencia a detalles de la realización ilustrada, estos detalles no pretenden limitar el alcance de la invención definida en las reivindicaciones adjuntas.

30

REIVINDICACIONES

1. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación, comprendiendo el proceso hidrogenar una antraquinona en una solución de trabajo, oxidar la antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno y extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo, comprendiendo la planta al menos un módulo montado en plataforma seleccionado del grupo que consiste en:
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un hidrogenador para hidrogenar la antraquinona en la solución de trabajo, indicado como plataforma 1;
 - un módulo montado en plataforma que comprende al menos un oxidante para oxidar la antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno, indicado como plataforma 2;
 - opcionalmente un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para comprimir aire, indicado como plataforma 3, para suministrar oxígeno, en particular oxígeno del aire, en un oxidante de la plataforma 2, y en caso de presencia de plataforma 3, un módulo adicional montado en plataforma que comprende al menos un medio para recuperar el disolvente, indicado como plataforma 4, en particular si se usa oxígeno del aire para suministrar oxígeno en un oxidante de la plataforma 2;
 - un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo, indicado como plataforma 5;
 - un módulo montado en plataforma, indicado como plataforma 6, que comprende al menos un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/u opcionalmente a un tanque de almacenamiento opcionalmente con un medio adicional para ajustar la concentración de peróxido de hidrógeno.
2. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la plataforma de hidrogenación 1 comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de hidrogenador, compresor de reciclado de hidrógeno, filtro de catalizador, tanque de suministro de oxidante, bomba de suministro de oxidante y lecho de catalizador de protección.
3. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la plataforma de oxidante 2 comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de sistema de enfriamiento de suministro de oxidante, oxidante, desgasificante, bomba de suministro de extracción, condensador de gases efluentes y antivaho de gases efluentes.
4. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la plataforma de extracción 5 comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de sistema de enfriamiento, coalescedor y bomba de suministro del hidrogenador, y opcionalmente una columna de extracción y/o que se puede conectar a una columna de extracción.
5. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la plataforma opcional de compresor de aire del proceso 3 comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de conjunto de compresor de aire del proceso, filtro de aire de succión y sistema de enfriamiento-condensador posterior.
6. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la plataforma opcional de unidad de recuperación del disolvente 4 comprende al menos uno o más elementos del equipo seleccionados del grupo de conjunto de adsorción de carbono activado, condensador de regeneración, decantador de disolvente/agua, bomba de retorno de disolvente y bomba de retorno de agua.
7. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una unidad de suministro de oxígeno del aire usada para suministrar oxígeno en un oxidante de la plataforma 2 y que comprende adicionalmente al menos un módulo montado en plataforma seleccionado del grupo que consiste en:
- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un hidrogenador para hidrogenar la antraquinona en la solución de trabajo, indicado como plataforma 1;
 - un módulo montado en plataforma que comprende al menos un oxidante para oxidar la antraquinona hidrogenada con oxígeno para formar peróxido de hidrógeno, indicado como plataforma 2;
 - un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para comprimir aire, indicado como plataforma 3, para suministrar oxígeno, en particular oxígeno del aire, en un oxidante de la plataforma 2, y que comprende un módulo adicional montado en plataforma que comprende al menos un medio para recuperar el disolvente, indicado como plataforma 4;

- un módulo montado en plataforma que comprende al menos un medio para extraer el peróxido de hidrógeno de la solución de trabajo, indicado como plataforma 5;
- un módulo montado en plataforma, indicado como plataforma 6, que comprende al menos un medio para suministrar solución de peróxido de hidrógeno al punto de uso y/u opcionalmente a un tanque de almacenamiento opcionalmente con un medio adicional para ajustar la concentración de peróxido de hidrógeno.

5
10
15

8. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque la plataforma de hidrogenación 1, la plataforma de oxidación 2 y la plataforma de extracción 5 junto con cualquier plataforma opcional están diseñadas como un sistema reactor modular, preferiblemente como un sistema reactor modular compacto, que está configurado para funcionar como una planta del proceso AO de escala pequeña a media con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 20 kilotoneladas por año, preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 15 kilotoneladas por año, y más preferiblemente con una capacidad de producción de peróxido de hidrógeno de hasta 10 kilotoneladas por año.

20

9. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque una o más de dichas plataformas 1 a 6 están equipadas con uno o más detectores para controlar uno o más parámetros del proceso AO tales como presión, temperatura, cantidad, caudal, densidad, viscosidad, actividad del catalizador, acidez, pureza, concentración, productividad de peróxido de hidrógeno u otros parámetros del proceso relevantes para la producción de peróxido de hidrógeno de acuerdo con el proceso AO.

25

10. Una planta para la producción de peróxido de hidrógeno, preferiblemente de soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno, por el proceso de auto-oxidación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque una o más de dichas plataformas 1 a 6 están equipadas con un equipo de seguridad o medio de seguridad para permitir una suspensión segura y automática, preferiblemente una PLC o capa de protección independiente de seguridad, o sistema basado en relé alambrado para el control y la suspensión segura y automática o sistema de bloqueo.

30

Figura 1

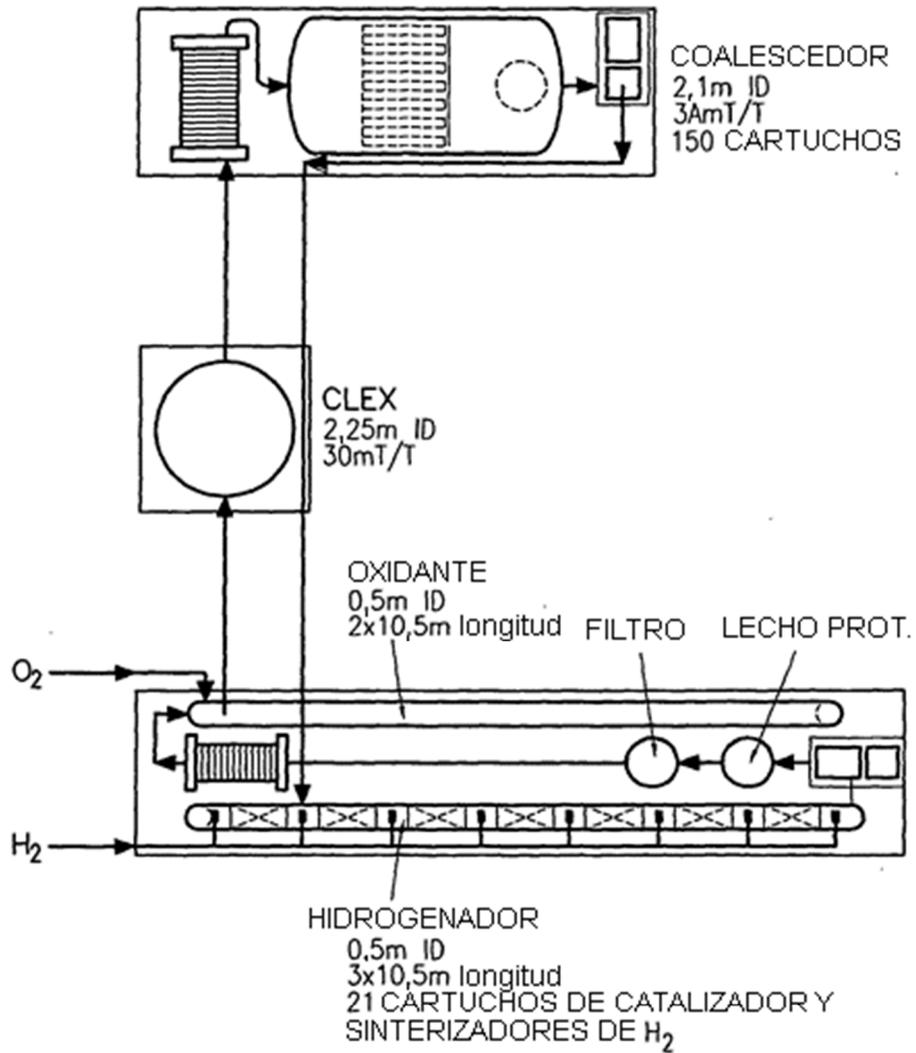


Figura 2

