

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 727**

51 Int. Cl.:

B01J 19/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2005 PCT/IL2005/000385**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.03.2006 WO06021945**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2005 E 05730961 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 1781406**

54 Título: **Método y sistema para tratar residuos químicos**

30 Prioridad:

26.08.2004 US 604438 P

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

21.02.2018

73 Titular/es:

**E.S.T. ECOLOGICAL SYSTEMS LTD. (100.0%)
20 HACHORESH STREET P.O.B. 2046
84889 BEER SHEVA, IL**

72 Inventor/es:

SIMON, YEHUDA, YURI

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 655 727 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

Método y sistema para tratar residuos químicos

Antecedentes

Campo de la invención

- 5 La presente invención se relaciona con el campo de las líneas de producción químicas. En particular, la invención hace referencia a proveer una solución al problema de eliminar con seguridad los productos de residuos químicos que son el resultado del proceso de producción y que se recogen de la línea de producción.

Antecedentes de la invención

- 10 Muchos procesos utilizados en la industria química producen residuos químicos, los cuales a temperatura ambiente pueden ser gaseosos, líquidos, o sólidos. Existen muchos métodos conocidos para tratar y desechar residuos gaseosos y líquidos. El tratamiento de residuos gaseosos, por razones obvias, se lleva a cabo generalmente en el punto de su generación. El tratamiento de residuos líquidos puede en ocasiones realizarse en las instalaciones de producción, pero con mucha frecuencia los productos de residuos se almacenan en contenedores y se transportan a otro sitio para su tratamiento. Los residuos que se solidifican cuando se mantienen a temperatura ambiente (de aquí
- 15 en adelante residuos sólidos), se almacenan habitualmente en contenedores que se transportan a continuación a instalaciones especiales para su almacenamiento a largo plazo o su tratamiento, tal como quemándolos en plantas de combustión. La eliminación de estos residuos químicos industriales es muy costosa ya que requiere materiales de embalaje, equipo de manipulación y zonas de almacenaje especiales. Más importante, los métodos presentes generan como resultado grandes cantidades de productos químicos nocivos que se almacenan cada año alrededor
- 20 del mundo. Los problemas ecológicos tanto reales como potenciales causados por la eliminación, el transporte y el almacenamiento de residuos químicos son bien conocidos, y como resultado de los tratados y las leyes de protección ambiental, y de la presión ejercida por grupos de supervisión tanto gubernamentales como privados, se están empleando recursos considerables por parte de la industria química para tratar los residuos que se generan como subproductos no deseados de los procesos de producción.

- 25 El término "neutralizado" tal como se utiliza en la presente patente, significa la conversión de una sustancia nociva para el medio ambiente en una forma que pueda ser almacenada o liberada al entorno sin causar daño a, o sin que suponga una amenaza para el medio ambiente. Uno de los métodos más efectivos de neutralizar los residuos químicos nocivos es la pirólisis a alta temperatura de los materiales de desecho en bruto. En oposición a simplemente quemar los residuos, en un proceso pirólítico los residuos se reducen a átomos e iones, que al
- 30 enfriarse reaccionan entre sí, y posiblemente con otras moléculas e iones, y se recombinan para formar productos menos nocivos que pueden ser desechados o utilizados de forma segura.

- Un dispositivo habitual para el tratamiento de residuos químicos líquidos se describe en la patente de EE.UU. 4,644,877. En el aparato descrito en esta patente, los residuos químicos se introducen directamente en la zona interior de los electrodos coaxiales cilíndricos de una antorcha de plasma. El material de residuo se somete a
- 35 pirólisis en el interior de la antorcha. Los átomos e iones resultantes salen de la flujo de plasma hacia el interior de la cámara de reacción donde comienzan a enfriarse y se recombinan formando una mezcla de gases y partículas sólidas que pasan a medios de post-pirólisis donde se enfrían y se separan. Los gases no tóxicos habitualmente se queman y o bien se liberan a la atmósfera o se utilizan como combustible. La materia sólida se desecha de manera no específica.

- 40 La patente US 5,798,496 describe una unidad de eliminación de residuos portátil en donde se monta un horno rotativo que comprende al menos una pistola de plasma y uno o más electrodos de destino móviles en un camión de manera que la unidad pueda ser transportada fácilmente hasta el lugar de los residuos. La unidad está diseñada para tratar residuos sólidos y/o líquidos. Una vez que la antorcha se activa para producir un flujo de plasma, la impedancia en serie con el ánodo de la antorcha se ajusta para crear un "arco trazado" desde el cátodo de la
- 45 antorcha hasta uno o más ánodos secundarios, creando de ese modo una zona caliente delante de la antorcha de plasma en la que tiene lugar la vitrificación, pirólisis y gasificación de los residuos.

Es un propósito de la invención proporcionar un sistema de procesamiento basado en antorchas de plasma para convertir residuos químicos fluidos peligrosos en productos que pueden o bien ser re-utilizados o bien eliminados de forma segura sin crear una amenaza para el medio ambiente.

- 50 Es otro propósito de la invención proporcionar un sistema de procesamiento basado en antorchas de plasma que puede unirse ya sea de forma permanente o temporal a una línea de proceso en una instalación de producción química para el tratamiento en línea de los productos de residuos a medida que se forman. Propósitos y ventajas adicionales de esta invención se presentarán a medida que se proceda con la descripción.

Resumen de la invención

La invención hace referencia a un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, y a un método de acuerdo con la reivindicación 16 que utiliza dicho dispositivo. Cada uno de los conductos tiene un pulverizador unido a su extremo que apunta hacia el interior de la cámara, y cada uno de los pulverizadores se sitúa de tal manera que el chorro de pequeñas gotas que se forma cuando los residuos líquidos suministrados por los medios de pre-pirólisis se bombean a través del pulverizador, entran en contacto de forma efectiva con al menos un flujo o flujos de plasma creados por la antorcha o antorchas de plasma. Cuando las gotas entran en contacto con el flujo de plasma, las moléculas de los residuos de los que las gotas están compuestas se disocian en átomos y/o iones. Los átomos e iones salen de la región inmediatamente más cercana del flujo de plasma y se recombinan para formar una mezcla de los productos en forma de gas que salen de la cámara a través del conducto de salida. Los productos en forma de gas se introducen a continuación en el subsistema de post-pirólisis, que está diseñado para neutralizar y/o recoger los componentes que comprenden la mezcla de productos en forma de gas. Los productos de residuos químicos fluidos pueden ser líquidos, gases, o sólidos disueltos en un disolvente para formar una solución estable.

El sistema de la invención puede situarse en la cercanía del final de la línea de producción, en cuyo caso los productos fluidos de los residuos químicos son neutralizados inmediatamente después de salir de la línea de producción. De forma alternativa, los productos de residuos químicos fluidos pueden ser almacenados temporalmente después de que salgan de la línea de producción, y a continuación neutralizados. En una realización preferida, el sistema de la invención puede ser transportado de una localización a otra localización.

En una realización preferida la cámara de pirólisis/reacción es una cámara de doble pared, que se enfría haciendo circular agua a través del espacio entre las paredes. Preferiblemente, las paredes de la cámara están realizadas de acero inoxidable. En otra realización, la cámara de pirólisis/reacción presenta una pared de metal, la cual está revestida en su interior con material refractario.

La temperatura del flujo de plasma puede ajustarse ajustando la distancia entre los electrodos, o bien ajustando el valor de la corriente que fluye entre los electrodos, o de ambas formas. El sistema de la invención comprende medios para realizar estos ajustes. En una realización preferida del sistema, el ajuste de la corriente puede ser realizado mientras la antorcha está en funcionamiento.

El requerimiento de energía de la antorcha o antorchas de plasma puede determinarse a partir de las energías de disociación de las moléculas de las cuales los residuos están compuestos. La composición de los gases que comprenden la mezcla de productos en forma de gas, se calcula utilizando principios del equilibrio cinético y los resultados del cálculo se utilizan para diseñar el subsistema de post-pirólisis.

El sistema de control tiene una o más de las siguientes capacidades: actuar como una unidad de datos de entrada al sistema, almacenar información, y realizar cálculos.

Una realización preferida del sistema de la invención ha sido diseñado para el tratamiento de productos de residuos químicos para los que un componente principal comprende bromo y productos de bromo, en particular los productos de residuos químicos que son el resultado de la producción de tetrabromobisfenol A (TBBA).

En algunas realizaciones del sistema de la invención, el subsistema de post-pirólisis comprende una trampa de partículas para eliminar cualquier partícula sólida de la mezcla de productos en forma de gas. El subsistema de post-pirólisis puede comprender un enfriador radiante para reducir rápidamente la temperatura de la mezcla de productos en forma de gas. En una realización preferida, el subsistema de post-pirólisis comprende al menos una torre de aspersión en la que al menos uno de los componentes de la mezcla de productos en forma de gas se disuelve en agua. En esta realización, el subsistema de post-pirólisis comprende elementos para recoger la solución que comprende al menos uno de los componentes de la mezcla de productos en forma de gas disueltos en agua y para reciclar la solución a través de la torre de aspersión repetidamente hasta que la concentración del componente en la solución alcanza un valor predeterminado.

En realizaciones preferidas de la invención el subsistema de post-pirólisis comprende un equipo de monitorización para medir la composición de la mezcla de productos en forma de gas en ubicaciones seleccionadas.

En otro aspecto, la invención es un método para neutralizar productos de residuos químicos fluidos que son el resultado de un proceso de producción química y que se recogen de la línea de producción. El método comprende las etapas de:

- 50 - proporcionar un sistema de acuerdo con la reivindicación 1;
- activar la antorcha de plasma para producir un flujo de plasma que tiene una temperatura determinada;

- activar el subsistema de pre-pirólisis para causar que los residuos fluyan a través del pulverizador, creando de ese modo gotas que entran en contacto de forma efectiva con el flujo de plasma, y disociando las moléculas de los residuos en átomos o iones;

5 - crear condiciones predeterminadas de temperatura y concentración de los átomos e iones, de tal manera que tengan lugar unas reacciones químicas predeterminadas, formando de ese modo una mezcla gaseosas de productos de recombinación; y

- activar los medios de post-pirólisis para neutralizar al menos algunos de los productos de recombinación de manera que puedan ser liberados de forma segura hacia el entorno, y/o recoger los productos de recombinación.

10 En realizaciones preferidas del método de la invención, los productos de los residuos químicos fluidos pueden encontrarse en forma de líquidos, gases o sólidos que han sido disueltos en un disolvente para formar una solución estable.

15 El método de la invención se realiza preferiblemente en la cercanía del final de la línea de producción y los productos de residuos químicos se neutralizan preferiblemente inmediatamente después de que salgan de la línea de producción. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, los productos de residuos químicos fluidos se almacenan temporalmente después de que salgan de la línea de producción y a continuación se neutralizan utilizando el método de la invención.

20 El método de la invención puede ser utilizado de forma ventajosa para neutralizar los productos de residuos químicos de los cuales el principal componente es el bromo o productos del bromo. En particular, el método de la invención está bien adaptado para la neutralización de productos de residuos químicos que son el resultado de la producción de tetrabromobisfenol A (TBBA).

Todo lo anterior y otras características y ventajas de la invención se entenderán adicionalmente mediante la siguiente descripción ilustrativa y no limitativa de realizaciones preferidas de la misma, en referencia a los dibujos anexos.

25 Breve descripción de los dibujos

- La Fig. 1 es un diagrama esquemático del sistema de la presente invención;

- La Fig. 2 es una descripción general de un reactor de pirólisis de acuerdo con la presente invención;

- La Fig. 3 muestra de forma esquemática un subsistema de post-pirólisis de acuerdo con la invención; y

30 - La Fig. 4 a la Fig. 6 son fotografías que muestran diferentes vistas de un sistema de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

35 En la Fig. 1 se muestra esquemáticamente el sistema 10 para tratar residuos químicos de acuerdo con la presente invención. El bloque 100 representa una línea de producción industrial convencional utilizada para producir un producto químico en particular. La producción del producto deseado se realiza habitualmente en una línea de procesamiento continua. Todo el proceso puede ser un único proceso o puede implicar diversas etapas que implican la separación de productos intermedios de productos secundarios o residuos, la adición de más material en bruto, y la provisión de las condiciones adecuadas para la producción del siguiente producto intermedio. Cada etapa se acompaña habitualmente por la producción de productos de residuos, que deben finalmente ser eliminados y el proceso continúa hasta que el producto final deseado se recoge al final de la línea de producción.

40 El contenedor 120 representa una instalación de recogida y/o almacenamiento temporal de la línea de producción en el cual se recoge todo el residuo acumulado. Esta representación es simbólica y pueden utilizarse muchas otras disposiciones, incluyendo diversos puntos de recogida desde los cuales se transportan los residuos al sistema de tratamiento de residuos. En instalaciones de producción lo suficientemente grandes, pueden estar provistos más de un sistema de la invención en ubicaciones críticas a lo largo de la línea de producción. En cualquier caso, un
45 subsistema 50 de pre-pirólisis representado simbólicamente por el contenedor 120, la válvula 110, y la bomba 140, suministra los residuos desde el contenedor 120 a una velocidad constante a través del conducto de entrada 150 a un pulverizador 160 que se introduce a través de una abertura en la pared de una cámara 200 de pirólisis/reacción (también denominada en la presente patente como el reactor). La velocidad a la que los residuos se introducen en el reactor 200 debe ser constante para asegurar una operación estable y predecible del sistema. Por lo tanto, una
50 unidad de control 260 se encuentra presente para permitir una optimización y automatización del subsistema 50 de

pre-pirólisis, permitiendo al mismo, de ese modo, que compense las fluctuaciones en el flujo de entrada del residuo que están asociadas con las fluctuaciones en la línea de producción. La bomba 140 es una bomba de velocidad variable cuyo caudal puede ser ajustado mediante la unidad de control 260. El valor exacto de la tasa de flujo junto con la selección adecuada del tamaño del orificio en la boquilla del pulverizador 160, y la presión en el conducto 150 debe ser determinada y mantenida constante para cada combinación específica de la composición de los residuos y las propiedades del flujo de plasma.

En el interior del reactor 200 los residuos se ponen en contacto con la corriente (flujo) 240 de plasma producida por la antorcha 220 de plasma, y tiene lugar la pirólisis de los residuos. A medida que los átomos e iones resultantes salen de la región inmediatamente más cercana del flujo 240 de plasma, comienzan a enfriarse y se recombinan para formar una variedad de productos en forma de gas que salen del reactor a través del conducto de salida 230. La mezcla gaseosa en el conducto 230 se enfría adicionalmente mediante la conducción de calor al aire del entorno. La mezcla de los productos en forma de gas de la recombinación, que pueden además contener algo de material en forma de partículas, se introduce en el subsistema 300 de post-pirólisis en donde los diversos componentes de la mezcla se separan y/o neutralizan. Los componentes exactos y la estructura del subsistema 300 se discutirán a continuación y dependen de la naturaleza de los productos suministrados a través del conducto 230 de salida, que a su vez depende de la composición química de los residuos en el contenedor 120 y las condiciones en la cámara 200 de reacción.

Volviendo ahora a la Fig. 2, se observa una vista aumentada de una cámara 200 de pirólisis/reacción. El reactor 200 es una cámara de metal de doble pared. Las paredes están realizadas, preferiblemente, de un material tal como acero inoxidable y la pared interior en particular debe estar realizada de un material que sea resistente al calor en el interior del reactor y a la corrosión por parte de los gases producidos. Se hace circular agua en el espacio entre las dos paredes para proporcionar refrigeración. En otras realizaciones, el reactor podría tener una pared exterior de metal revestida en el interior con material refractario.

Las paredes de la cámara 200 tienen al menos tres aberturas: la primera se encuentra en una pared lateral, a través de la cual se introduce una antorcha de plasma 220; un conducto 150 de entrada atraviesa la segunda abertura, que se encuentra en la pared lateral opuesta a la primera abertura; y un conducto 230 de salida está conectado a la tercera abertura en la parte superior del reactor 200. Cada una de las aberturas se encuentra herméticamente y térmicamente sellada alrededor del conducto y/o antorcha que pasa a través de las mismas, para limitar la pérdida de calor y evitar la liberación de gases del interior del reactor directamente al entorno.

El diseño del reactor 200 que se muestra en la Fig. 2 es con fines ilustrativos únicamente, y otras alternativas se contemplan que se diseñarán para circunstancias específicas. Por ejemplo, pueden proporcionarse dos o más pulverizadores 160 y/o antorchas de plasma 220. Adicionalmente, los residuos pueden comprender compuestos inorgánicos tales como sales metálicas y algunos de los productos de recombinación formados después de la pirólisis pueden ser sólidos, por lo tanto en estos casos tendrán que proveerse salidas en la cámara para permitir la retirada de metales líquidos y/o sólidos.

La antorcha de plasma 220 es de un diseño convencional. Está refrigerada con agua y produce la corriente/el flujo 240 de plasma a partir de un arco eléctrico que se crea entre dos electrodos, por ejemplo dos electrodos huecos montados coaxialmente separados por un material eléctricamente aislante, y un gas formador de plasma que se hace fluir a través del centro de la antorcha. La temperatura del plasma puede ser controlada ya sea cambiando la distancia entre los dos electrodos o controlando el flujo de corriente entre ellos. La distancia entre los electrodos se ajusta manualmente antes de la operación, pero la corriente puede ser controlada ya sea manualmente o de forma automática durante la operación de la antorcha, mediante la unidad de control 260, permitiendo de ese modo el ajuste de la temperatura del flujo 240. Los parámetros y tamaño exactos de la antorcha de plasma se eligen para ajustarse a la composición y la tasa de flujo de los residuos que van a ser procesados para asegurar el uso más eficaz de la energía suministrada a la antorcha. Los requerimientos de energía de la antorcha pueden ser calculados de forma precisa a partir de los cálculos basados en la energía de disociación de las moléculas de las cuales están compuestos los residuos. Las temperaturas operativas habituales en el flujo de plasma 240 se encuentran entre aproximadamente 2.000°C y aproximadamente 10.000°C.

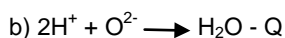
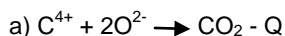
Los residuos fluidos, generalmente líquidos, se introducen en el reactor 200 a través de un pulverizador 160, que está unido al extremo del conducto de entrada 150 que se encuentra enfrentado al interior del reactor 200 opuesto al flujo de plasma 240. El pulverizador 160 pulveriza los residuos líquidos creando un chorro de pequeñas gotas que se introducen en el flujo de plasma 240. Esta disposición proporciona las condiciones para el contacto efectivo de las gotas con el flujo de plasma, lo que significa que las condiciones son tales que las moléculas de las que las gotas están compuestas serán disociadas de forma instantánea en sus átomos e iones constituyentes. En el interior del reactor, existe un gran gradiente de temperatura y a medida que los átomos e iones salen de la región inmediatamente más cercana del flujo de plasma, entran en regiones más frías en las que las condiciones termodinámicas les permite recombinarse para formar la fase gaseosa de diferentes tipos de moléculas estables. La mezcla de gas compuesta de estas moléculas recombinadas se eleva a la parte superior de la cámara y sale del reactor 200 a través del conducto de salida 230.

Diversos parámetros que caracterizan la condición del reactor 200 se miden por sensores, y los resultados de la medición se muestran en un visualizador 320 (ver la Fig. 1), que se posiciona preferiblemente cerca de la unidad de control 260. La unidad de control puede ser un ordenador personal o una unidad dedicada diseñada especialmente para su uso con el sistema de la invención. La unidad de control 260 tiene diversas funciones: una de las cuales es funcionar como una unidad de entrada de datos para permitir el envío ya sea manual o automático de instrucciones de activación diversos componentes del sistema, por ejemplo para operar las bombas, abrir/cerrar las válvulas electrónicas, ajustar la temperatura en el interior del reactor 200, etc. La unidad de control 260 debería además comprender capacidades de almacenamiento para permitir el registro de entrada desde los sensores para su uso posterior además del almacenamiento de instrucciones operativas (software). La unidad de control 260 debe además presentar preferiblemente capacidades computacionales, que permitirán un funcionamiento automático opcional del sistema sin la necesidad de la intervención humana. El visualizador 320 puede mostrar los datos medidos digitalmente, por ejemplo en el monitor de un ordenador, o puede al menos parcialmente comprender un visualizador análogo, tal como el provisto por contadores que tienen agujas móviles. La temperatura del plasma se calcula a partir de los datos recogidos sobre la composición de los residuos, la tasa de flujo hacia el reactor, y los parámetros operativos de la antorcha de plasma 220, es decir, se muestran en el dispositivo visualizador 320 la tasa de flujo del gas formador de plasma, la distancia entre electrodos y la tensión. Todos los parámetros operativos se miden mediante sensores adecuados (no se muestran) y se muestran en el visualizador 320, permitiendo de ese modo que un operador comprenda la fuente de y controle las fluctuaciones de temperatura si ocurren y cuando ocurren.

Como un ejemplo específico, que se proporciona simplemente para ilustrar la invención y que no pretende limitar el alcance de la invención en forma alguna, se considerará a continuación una línea de producción para la producción de tetrabromobisfenol A (TBBA). Al final de la línea de producción, el TBBA se encuentra acompañado por productos de residuos líquidos a aproximadamente 80°C. En las instalaciones existentes para la producción de TBBA, los productos de residuos se desvían hacia unos tambores en los que se enfrían y solidifican. Los tambores se retiran a continuación de la planta química y se transportan a un área de almacenamiento químico, donde plantean una seria amenaza ecológica. El análisis de los residuos revela que su composición aproximada p/p% es: 30% carbono; 57% bromo; 0,2% cloro; 0,3% azufre; 2,2% hidrógeno; 6,0% oxígeno; y 4,5% otros elementos.

Si un sistema de la invención estuviera provisto al final de la línea de producción, entonces los residuos líquidos se bombearían hacia el pulverizador antes de que su temperatura cayera hasta el punto en el cual se solidifica. Después de pasar a través del pulverizador 160 la fina pulverización compuesta de gotas de residuos se pone en contacto con el plasma que tiene una temperatura de aproximadamente 3000°C. La pirólisis de las gotas tiene lugar, dando como resultado la producción de iones y átomos de los diversos elementos de acuerdo con la anterior concentración. El gas de trabajo del plasma en este caso es aire. Por lo tanto, a la mezcla de partículas se añaden átomos de oxígeno e iones del plasma. A medida que la mezcla de partículas comienza a enfriarse, se forman nuevos compuestos como resultado de la recombinación de los átomos e iones. La identidad de las reacciones de recombinación se puede predecir a partir de los cálculos basados en el equilibrio cinético.

En el caso del presente ejemplo, las principales reacciones de recombinación son:



Los iones de nitrógeno se recombinan para formar N_2 , y se producen cantidades menores de HCl y posiblemente otros compuestos. Desde el reactor 200 y el conducto de salida 230, la mezcla de HBr, CO_2 , H_2O pasan hacia el subsistema 300 de post-pirólisis, donde el HBr (y HCl, si se encuentra presente) se absorbe en agua y se separa de la mezcla de gases y los otros gases se tratan hasta el punto en el que estos cumplan con los estándares ecológicos relevantes y puedan ser liberados en el aire. Si el análisis del gas en la salida del subsistema 300 de post-pirólisis revela la presencia de sustancias nocivas, entonces esto es una indicación de que los parámetros operativos del subsistema 50 de pre-pirólisis, el pulverizador 160, y la antorcha de plasma 220 debe ser revisada y ajustada.

En referencia a la Fig. 1, después de salir del reactor 200 a través del conducto de salida 150, la mezcla de gases pasa al subsistema 300 de post-pirólisis. El subsistema 300 de post-pirólisis que se muestra en la Fig. 3 está provisto únicamente para ilustrar la invención y no pretende limitar el alcance de la invención de forma alguna. El subsistema que se muestra en la Fig. 3 ha sido diseñado y construido por el inventor de la presente invención para tratar los productos de residuos que se acumulan al final de la línea de producción para la producción de TBBA.

Al introducirse en el subsistema 300 de post-pirólisis, la mezcla de gases primero pasa a través de la trampa 270 de partículas, donde cualquier materia sólida que pueda estar presente se separa del flujo de gas. Después de salir de la trampa 270 de partículas, la mezcla de gases fluye a través del enfriador 280 de radiación en donde su

temperatura se reduce rápidamente para evitar la formación de gases no deseados tales como dioxinas. El flujo de gas enfriado se introduce a continuación en la parte inferior de la torre 340 de aspersión. En el interior de la torre de aspersión se encuentra una disposición de boquillas 342 que están dispuestas para rellenar el interior de la torre 340 de aspersión con una fina niebla/lluvia de gotas de agua. En la Fig. 3 se muestran únicamente algunos de los componentes del sistema de agua que comprende bombas, filtros, válvulas, etc. que mantienen la temperatura del agua a 60°C y la hacen recircular a través de todo el subsistema 300 de post-pirólisis. El vapor de agua que se encontraba en la mezcla de gas que excitaba el reactor 200, se condensa al estado líquido y se añade al flujo de agua circulante. A medida que la mezcla de gas que contiene HBr, CO₂, y trazas de otros gases se eleva mediante las gotas de agua en el interior de la torre 340 de aspersión, el HBr soluble en agua se disuelve en el agua y cae al fondo de la torre 340 de aspersión y se recoge en el recipiente 350 colector. El CO₂ y cualquier otro gas no soluble en agua, salen de la parte superior de la torre 340 de aspersión y continúan hacia una segunda torre 390 de aspersión auxiliar o ecológica, donde son purificados adicionalmente y cualquier HBr que no haya sido eliminado del flujo de gas en la primera torre se recoge en el recipiente 350 colector en el fondo de la torre 390 de aspersión. En la Fig. 3 no se muestran elementos adicionales que podrían estar presentes entre los que se incluyen filtros, depuradores adicionales, y equipo de monitorización para realizar un seguimiento de la composición del flujo de gas. Finalmente, cuando se determina que se han cumplido los estándares ecológicos relevantes, el CO₂ se libera a la atmósfera tal como se indica por la flecha 400.

La solución de HBr que se recoge en el recipiente 350 colector se bombea mediante bombas 360 a través de filtros 370. Después de la filtración, la solución de HBr/H₂O se bombea hacia las boquillas 342 y se pulveriza en las torres nuevamente para aumentar la concentración de HBr. Debido a que se libera una gran cantidad de calor cuando el HBr se disuelve en agua, la solución se bombea a través de un intercambiador de calor 375 antes de ser reintroducida en la torre 340 o 390. Finalmente, la solución en el recipiente 350 contiene HBr a la concentración deseada (en el caso de este ejemplo más del 40%) y la solución de HBr se recoge a continuación en el recipiente 380 colector. Los contenidos del recipiente 380 pueden ser devueltos al comienzo de la línea de producción e introducidos como parte de las materias primas en la producción de compuestos de bromo.

Además de los parámetros de medición que caracterizan la condición del reactor 200 se encuentran provistos muchos sensores (no se muestran o no se describen adicionalmente) para medir las condiciones en el subsistema 300 de post-pirólisis. Por ejemplo, la temperatura del fluido refrigerante que circula en la torre de aspersión 340 y 390, la temperatura de los productos de pirólisis en diferentes etapas (por ejemplo, a la salida del reactor 200, en la entrada y salida del enfriador 280 de radiación), la presión en diversas posiciones en el sistema, etc. Todos estos datos se introducen en el controlador 260 y se muestran en el dispositivo visualizador 320 para permitir el control del proceso, ya sea de forma automática o manual.

Las ventajas de la aplicación de la presente invención a la producción de TBBA son obvias a partir de la anterior descripción. Ante todo, los problemas y gastos relacionados con la recogida, el transporte, y el almacenamiento seguro de los productos de residuos se minimizan y/o se eliminan. En segundo lugar, la invención hace posible la recuperación de grandes cantidades de HBr que pueden ser utilizadas en lugar de ser descartadas como se hace actualmente.

La Fig. 4 a la Fig. 6 son fotografías que muestran diferentes vistas del sistema descrito anteriormente que ha sido construido para tratar los residuos de una línea de producción de TBBA. La Fig. 4 es una vista general del sistema. Las Fig. 5 y Fig. 6 son vistas aumentadas que muestran el reactor que ha sido provisto de una brida que comprende una ventana de cristal para visualizar el interior de la cámara. En la Fig. 6 la antorcha de plasma (fabricada por Plasmactor Co. Ltd. Minsk Belarus) se muestra a la derecha conectada con sus canalizaciones de aire, agua, y electricidad. Los residuos se introducen en el reactor a través de una tubería de un diámetro pequeño que se encuentra en el interior de una tubería a la derecha del reactor. Al final de la tubería de diámetro pequeño se encuentra un pulverizador fabricado por Spray Systems Inc. de California, EE.UU. Mirando en el interior de la cámara a través de la ventana, el flujo de plasma es claramente visible.

Para obtener una percepción de las condiciones operativas, en una prueba del sistema se calculó que la temperatura en el interior del flujo 240 de plasma es de 3000°C, se midió que la temperatura es de 830°C en el interior del reactor en la entrada al conducto 230, 120°C en la salida del enfriador 280 de radiación, y 60°C en el interior de la torre 340 de aspersión. La refrigeración por agua del reactor resultó tan efectiva que las superficies externas del reactor 200 podían tocarse con una mano desnuda sin notar molestia alguna cuando la antorcha se encontraba en funcionamiento.

El sistema de la invención puede ser utilizado con diversas líneas de producción, para tratar diversos tipos de residuos, en donde una composición en particular de residuos producidos por cada línea de producción requiere tratamiento a diferentes tasas de flujo y temperaturas. Los productos de residuos en fase gaseosa pueden ser alimentados directamente al flujo de plasma y los residuos sólidos, que pueden ser disueltos en un disolvente para formar una solución líquida estable, pueden también ser tratados mediante el sistema de la invención. En cada caso, la composición química de los residuos puede analizarse y los productos de recombinación esperados pueden determinarse utilizando cálculos del equilibrio cinético. La naturaleza de los productos de recombinación puede ser

5 influenciada por el control de factores tales como la temperatura del plasma y la elección del gas formador de plasma. Por ejemplo, puede utilizarse vapor como el gas de plasma, en casos en los que sea necesario aumentar la concentración de iones de H^+ para fomentar que tengan lugar determinadas reacciones de recombinación deseadas. La energía que debe ser suministrada por la antorcha de plasma, puede calcularse utilizando las energías de disociación conocidas de las moléculas en los residuos. Adicionalmente, el subsistema de post-pirólisis debe ser modificado *mutatis mutandis* para permitir la recogida y/o neutralización de los productos de recombinación. Los expertos podrán fácilmente crear modificaciones adecuadas al sistema descrito en la presente patente para aplicar la invención a otras líneas de producción química.

10 Aunque el sistema de la invención ha sido descrito estando instalando al final de la línea de producción, todo el sistema que se muestra en la FIG. 4 ha sido montado en un camión y desplazado de una localización a otra. Si la cantidad de residuos producidos en una factoría química en particular, no justifica una instalación permanente, entonces los residuos pueden ser almacenados en el sitio y, o bien, el sistema portátil podría transportarse periódicamente a la planta, o bien, los residuos podrían transportarse hasta una localización central para su procesamiento.

15

REIVINDICACIONES

1. Sistema para neutralizar productos de residuos químicos fluidos que son el resultado de un proceso de producción química y que se recogen de la línea de producción, donde dicho sistema comprende:

5 una cámara de pirólisis/reacción que tiene tres o más aberturas a través de las cuales se introducen una o más antorchas de plasma, a través de la cual pasan uno o más conductos de entrada, y a la que se conecta un conducto de salida;

- un subsistema de pre-pirólisis que comprende un contenedor para recoger dichos residuos, una válvula para regular la tasa de flujo, y una bomba, que bombea dichos residuos desde dicho contenedor a través de dichos conductos de entrada;

10 - un subsistema de post-pirólisis;

- sensores que proporcionan información relativa a diversos parámetros operativos en diferentes localizaciones en dicho sistema;

15 - una unidad de control que utiliza la información proporcionada por dichos sensores además de otra información proporcionada a la misma a partir de otras fuentes para permitir la optimización y automatización de las operación de dicho sistema; y

- un sistema de visualización para proveer al operador de dicho sistema con información relativa a la operación y a los parámetros operativos de dichos sistema;

20 - en donde, cada uno de dichos conductos de entrada presenta un pulverizador unido a su extremo enfrentado al interior de dicha cámara opuesto al flujo de plasma, de tal manera que el chorro de pequeñas gotas que se forma cuando dichos residuos fluidos suministrados por dichos medios de pirólisis se bombea a través de dicho pulverizador, entra en contacto de forma efectiva con al menos uno del flujo o flujos de plasma creados por dicha antorcha o antorchas de plasma; después de lo cual las moléculas de dichos residuos de los cuales dichas gotas están compuestas, se disocian en átomos o iones, que salen de la región inmediatamente más cercana de dicho flujo de plasma y se recombinan para formar una mezcla de productos en forma de gas que salen de dicha cámara a través de dicho conducto de salida y en donde dicho subsistema de post-pirólisis está diseñado para neutralizar y/o recoger los componentes que comprenden la mezcla de productos en forma de gas que salen de dicha cámara a través de dicho conducto de salida.

30 2. Sistema según la reivindicación 1, en donde el sistema está situado en la cercanía del final de la línea de producción y los productos de residuos químicos se neutralizan inmediatamente después de que salgan de la línea de producción.

3. Sistema según la reivindicación 1, que comprende instalaciones para recoger y/o almacenar de forma temporal productos de residuos químicos fluidos después de que salgan de la línea de producción y a continuación se neutralizan.

35 4. Sistema según la reivindicación 1, en donde la cámara de pirólisis/reacción es una cámara de doble pared, que comprende un espacio entre dichas paredes a través del cual se hace circular agua, enfriando de este modo dicha cámara de pirólisis/reacción.

5. Sistema según la reivindicación 4, en donde las paredes de la cámara están realizadas de acero inoxidable.

40 6. Sistema según la reivindicación 1, en donde la cámara de pirólisis/reacción tiene una pared de metal, que está revestida en el interior con material refractario.

7. Sistema según la reivindicación 1, que comprende medios de control de la temperatura del flujo de plasma, donde dichos medios se seleccionan del siguiente grupo:

- ajustar la distancia entre los electrodos;

- ajustar el valor de la corriente que fluye entre los electrodos;

45 - y ajustar tanto la distancia como el valor de la corriente que fluye entre los electrodos.

8. Sistema según la reivindicación 1, en donde la unidad de control está adaptada para ajustar la corriente mientras la antorcha se encuentra en funcionamiento.

9. Sistema según la reivindicación 1, en donde la unidad de control está adaptada para realizar una o más de las actividades seleccionadas del siguiente grupo:

- 5
- actuar como una unidad de introducción de datos a un sistema;
 - almacenar información;
 - realizar cálculos.

10. Sistema según la reivindicación 1, en donde el subsistema de post-pirólisis comprende una trampa de partículas para eliminar cualquier partícula sólida de la mezcla de productos en forma de gas.

10 11. Sistema según la reivindicación 1, en donde el subsistema de post-pirólisis comprende un enfriador radiante para reducir rápidamente la temperatura de la mezcla de productos en forma de gas.

12. Sistema según la reivindicación 1, en donde el subsistema de post-pirólisis comprende al menos una torre de aspersión que comprende una entrada en su parte inferior y una disposición de boquillas que están dispuestas para rellenar el interior de dicha torre de aspersión con una fina niebla/lluvia de gotas de agua, por lo que cuando la mezcla de productos en forma de gas se introduce en dicha torre de aspersión a través de dicha entrada, dichos productos en forma de gas se elevarán a través de dicha niebla/lluvia de gotas de agua, disolviendo de este modo al menos uno de los componentes de la mezcla de productos en forma de gas en el agua.

13. Sistema según la reivindicación 12, en donde el subsistema de post-pirólisis comprende un recipiente colector para recoger la solución que comprende al menos uno de los componentes de la mezcla de productos en forma de gas disuelto en agua, y una bomba para hacer recircular dicha solución a través de los filtros y la disposición de boquillas en la torre de aspersión hasta que la concentración de dicho componente en dicha solución alcanza un valor predeterminado.

14. Sistema según la reivindicación 1, en donde el subsistema de post-pirólisis comprende equipo de monitorización para medir la composición de la mezcla de productos en forma de gas en localizaciones seleccionadas.

25 15. Sistema según la reivindicación 1, en donde dicho sistema puede ser transportado de una localización a otra localización y colocado en posición en localizaciones críticas a lo largo de una línea de producción existente.

16. Método para neutralizar productos de residuos químicos fluidos que son el resultado de un proceso de producción química y se recogen de la línea de producción, donde dicho método comprende:

- 30
- proporcionar un sistema según la reivindicación 1;
 - activar la antorcha de plasma para producir un flujo de plasma que tiene una temperatura predeterminada;
 - activar el subsistema de pre-pirólisis para ocasionar que dichos residuos fluyan a través del pulverizador creando de ese modo gotas que entran en contacto de forma efectiva con dicho flujo de plasma, después de lo cual las moléculas de dichos residuos se disocian en átomos o iones;
 - crear condiciones predeterminadas de temperatura y concentración de dichos átomos e iones de tal manera que tengan lugar reacciones químicas predeterminadas; por lo cual, a continuación de la migración de dichos átomos o iones desde la región inmediatamente más cercana de dicho flujo de plasma, se forma una mezcla gaseosa de productos de recombinación; y
 - activar los medios de post-pirólisis para neutralizar al menos algunos de los productos de recombinación, de manera que puedan ser liberados de forma segura al entorno, y/o recoger dichos productos de recombinación.
- 40

17. Método según la reivindicación 16, en donde los productos de residuos químicos fluidos pueden ser uno o más de los tipos seleccionados del siguiente grupo:

- líquido;
- gas; y

- sólido calentado hasta su punto de fusión o disuelto en un disolvente para formar una solución estable.

18. Método según la reivindicación 16, en donde el sistema está localizado en la cercanía del final de la línea de producción y los productos de residuos químicos se neutralizan inmediatamente después de que salgan de la línea de producción.
- 5 19. Método según la reivindicación 16, en donde los productos de residuos químicos fluidos se almacenan temporalmente después de que salgan de la línea de producción y a continuación son neutralizados.
20. Método según la reivindicación 16, en donde los productos de residuos químicos comprenden bromo o productos de bromo.
- 10 21. Método según la reivindicación 20, en donde los productos de residuos químicos son el resultado de la producción de tetrabromobisfenol A (TBBA).
22. Método según la reivindicación 16, en donde el valor de la corriente que fluye entre los electrodos de cada antorcha de plasma puede ajustarse mientras la antorcha se encuentra en funcionamiento.
- 15 23. Método según la reivindicación 16, que comprende el uso de energías de disociación de las moléculas de las cuales los residuos están compuestos para determinar el requerimiento de energía de la antorcha o antorchas de plasma.
24. Método según la reivindicación 16, en donde el subsistema de post-pirólisis está diseñado de acuerdo a la composición de los gases que comprenden la mezcla de productos en forma de gas, en donde se utilizan los principios del equilibrio cinético para calcular dicha composición.

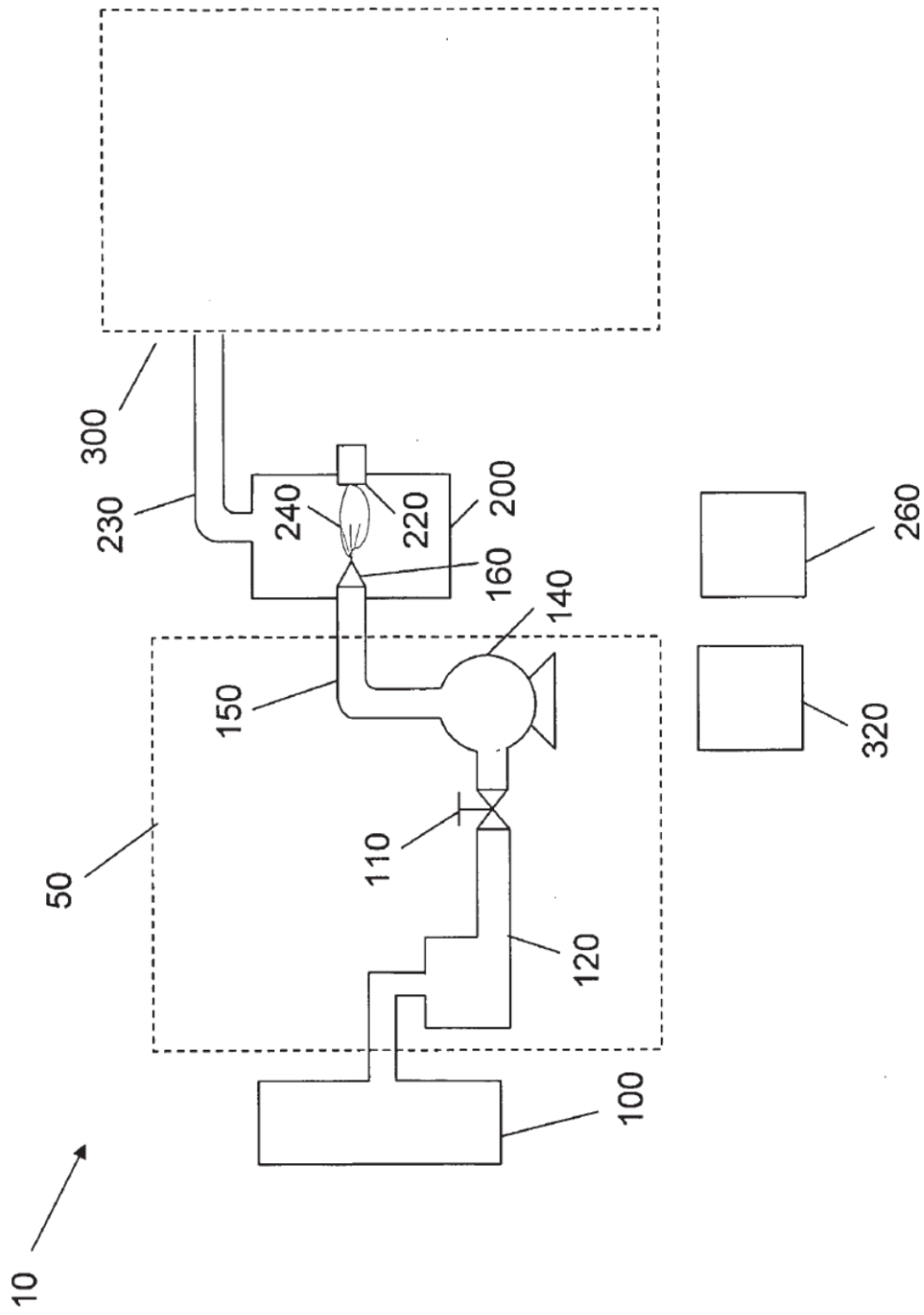


Fig. 1

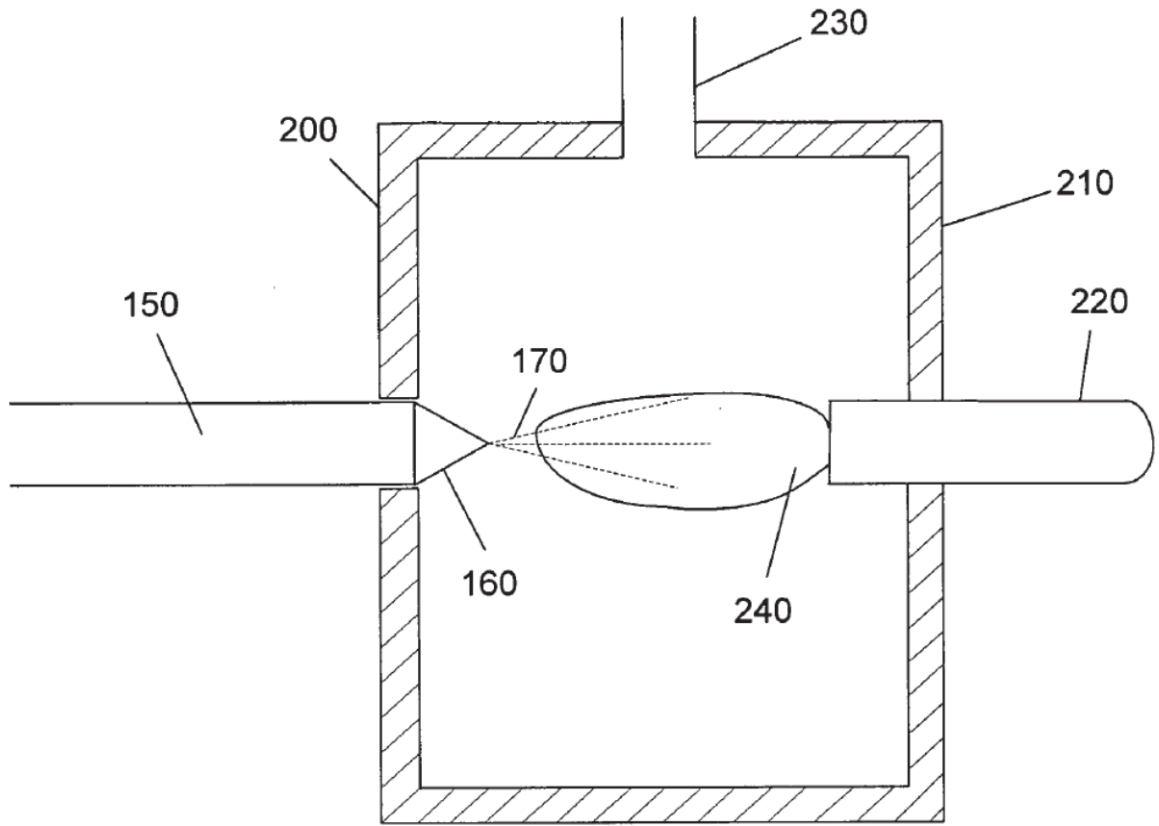


Fig. 2

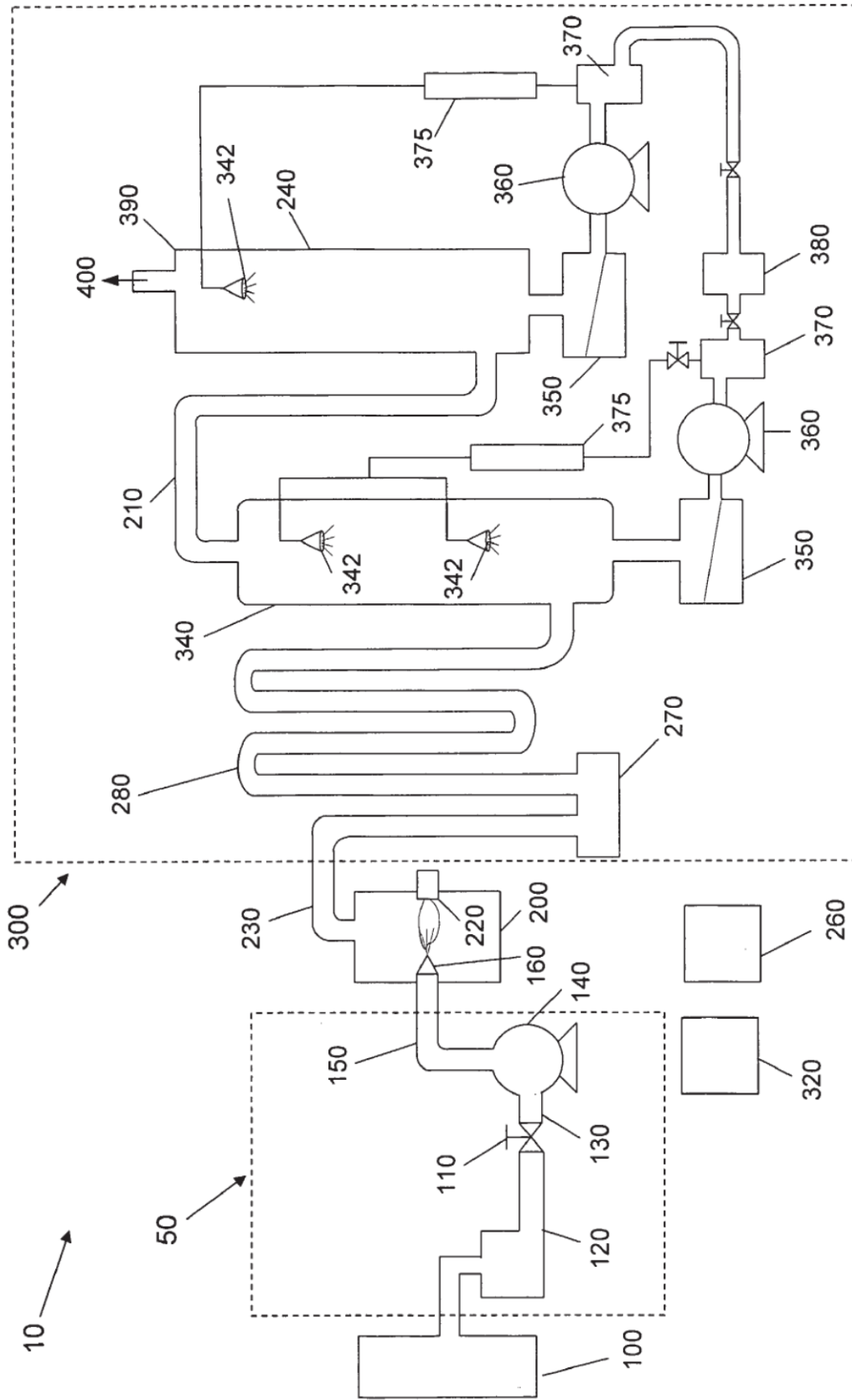


Fig. 3

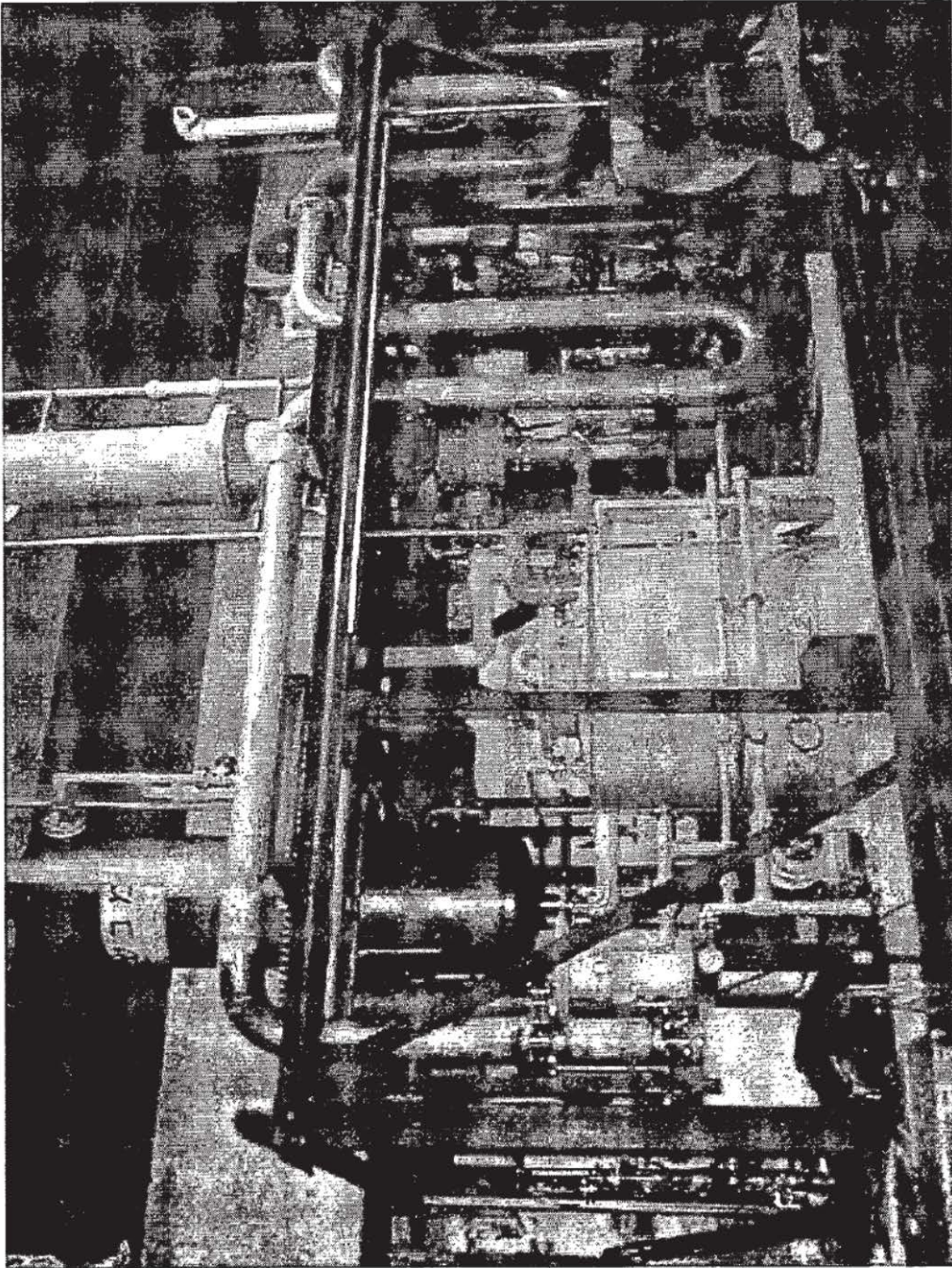


Fig. 4

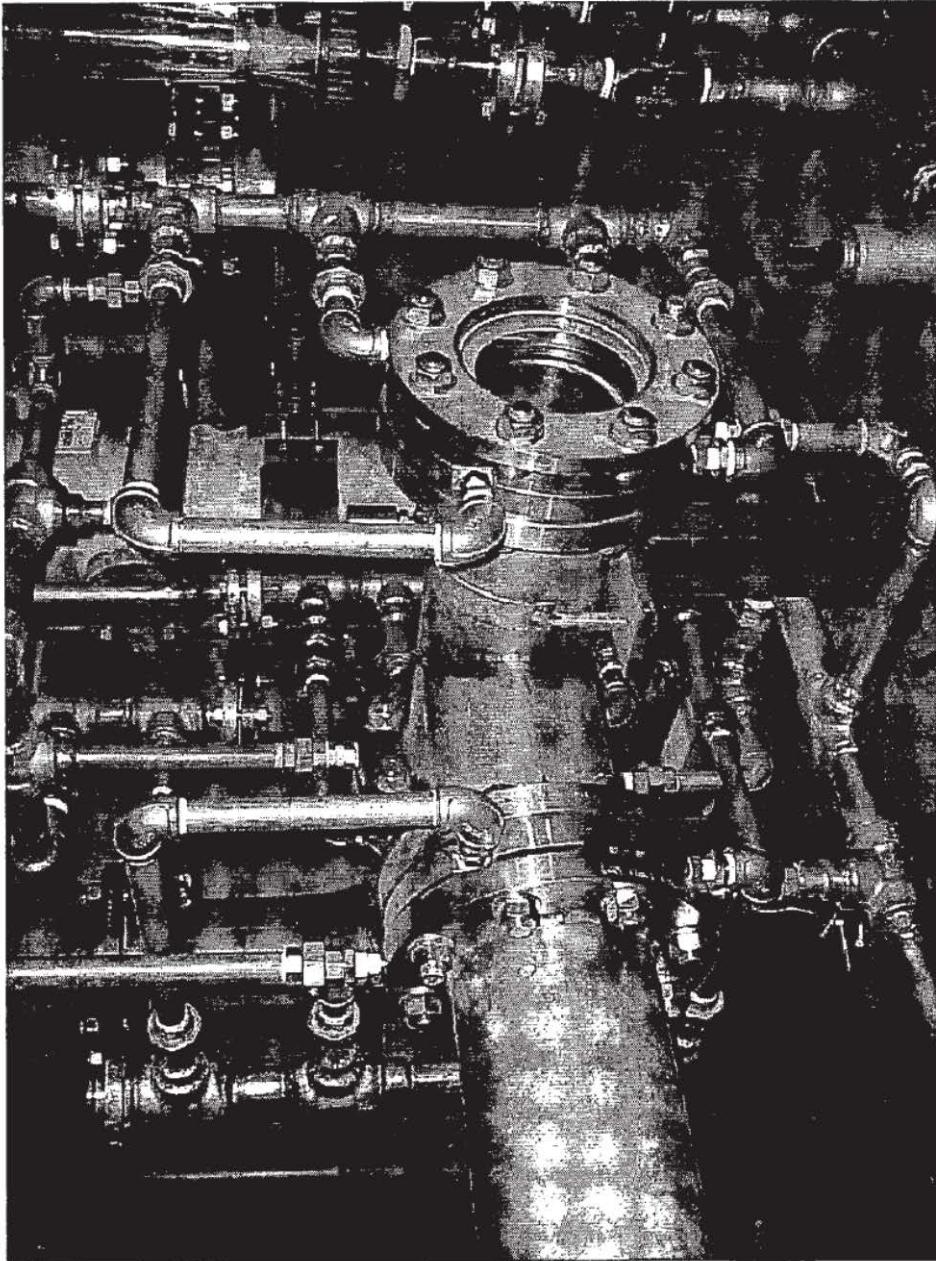


Fig. 5

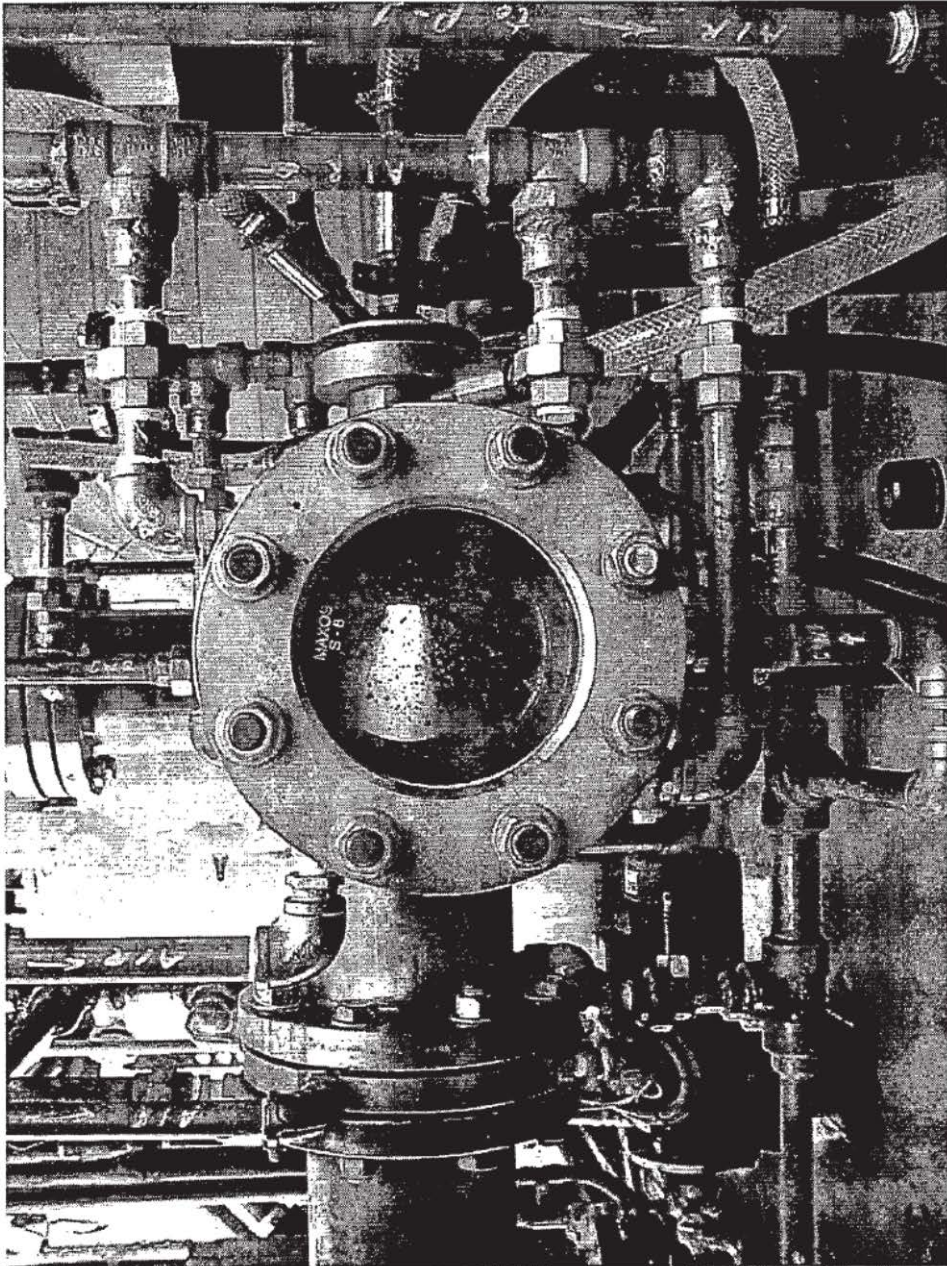


Fig. 6