



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 616 015**

⑮ Int. Cl.:

**C01B 13/11** (2006.01)  
**B01D 53/047** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2010 E 10150916 (4)**

⑯ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2216292**

⑭ Título: **Producción de ozono por adsorción usando un aditivo de gas noble**

⑩ Prioridad:

**23.01.2009 US 358310**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.06.2017**

⑬ Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)  
7201 HAMILTON BOULEVARD  
ALLENTOWN, PA 18195-1501, US**

⑯ Inventor/es:

**WEIST, ANNEMARIE OTT;  
GANGOLI, SHAILESH PRADEEP y  
WEIST, EDWARD LANDIS**

⑭ Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 616 015 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

Producción de ozono por adsorción usando un aditivo de gas noble

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El ozono es un alótropo triatómico reactivo del oxígeno que tiene aplicación en producción de sustancias químicas, desinfección, tratamiento de agua potable, purificación de aire, blanqueamiento de telas y pulpa de madera, tratamiento de aguas residuales y procesamiento de alimentos. La mayor parte del ozono usado en estas aplicaciones se produce mediante sistemas de descarga en corona usando aire u oxígeno de alta pureza como gas de alimentación. También se puede producir ozono a partir de aire u oxígeno por la acción de luz ultravioleta o por generadores de plasma en frío.

En la mayor parte de aplicaciones industriales grandes de ozono se usa oxígeno de alta pureza como gas de alimentación de generador de gas. La conversión de oxígeno en ozono en generadores comerciales por descarga en corona está típicamente entre el 4 y el 13 %, y en ciertas aplicaciones la mezcla de oxígeno-ozono resultante se proporciona como producto directamente al usuario aguas abajo sin tratamiento adicional. Como el coste del oxígeno sin reaccionar es una parte importante del coste operativo del sistema de ozono, en muchas situaciones es deseable recuperar el oxígeno de la mezcla de oxígeno-ozono para reciclaje al generador de ozono. Esto se puede conseguir, por ejemplo, mediante adsorción por oscilación de presión (PSA) en la que se adsorbe ozono selectivamente de la corriente de salida de generador de ozono, y el oxígeno recuperado agotado en ozono se recicla al generador de ozono. El ozono adsorbido es desorbiido por un gas de barrido tal como aire o nitrógeno, y la mezcla de ozono y gas de barrido se proporciona como producto al usuario aguas abajo.

25 Sistemas PSA de ozono-oxígeno a menudo usan adsorbentes de ceolita para la adsorción selectiva de ozono a partir de oxígeno. Se sabe que los adsorbentes de ceolita pueden promover la descomposición del ozono, y el grado de descomposición de ozono puede afectar negativamente al coste de ozono y aumentar el coste operativo del proceso que consume ozono. El grado de descomposición de ozono se puede reducir usando una ceolita que contenga componentes preadsorbidos tales como agua, dióxido de carbono, argón o hexafluoruro de azufre como se describe en la patente de EE. UU. 5.810.910. Estos componentes, que no son reactivos con el ozono, se adsorben en el adsorbente antes de la adsorción de ozono.

30 En sistemas PSA de ozono-oxígeno que usan generadores de plasma en frío para la generación de ozono, a menudo se añade nitrógeno al gas de alimentación de oxígeno con el propósito de estabilizar la descarga de plasma. Desafortunadamente, la adición de nitrógeno al proceso de generación a menudo tiene como resultado la formación de NOx, que puede tener varios efectos perjudiciales en el sistema de PSA de ozono-oxígeno. En presencia de humedad, NOx formará ácido nítrico, que es sumamente corrosivo y puede acortar la vida en servicio de componentes de sistema, entre otros, por ejemplo, los cátodos del generador de ozono. Adicionalmente, el NOx se adsorbe sobre muchos tipos de adsorbentes usados en sistemas de PSA de oxígeno-ozono y se puede acumular si el volumen de gas usado en una "etapa de barrido" (para eliminar el ozono del adsorbente) no es suficiente para eliminar también el NOx adsorbido. El NOx adsorbido también cataliza la descomposición de ozono, lo que reduce la cantidad de ozono que se puede recuperar en una corriente de gas producido.

35 Existe la necesidad de medios alternativos para mejorar la estabilidad y rendimiento para generación de ozono por plasma frío sin formar subproductos no deseables, tal como el NOx.

40 45 El documento DE-A-19648514 (véase también el documento US-B-5810978) describe un método para reducir impurezas metálicas en sistemas de tuberías de gas ozono al añadir a la alimentación de un generador de ozono al menos un 0,025 % en volumen, en total, de al menos un gas adicional seleccionado de nitrógeno, helio, dióxido de carbono, monóxido de carbono y ozono y pasar la salida de generador a través de un sistema de tuberías de acero inoxidable. Se prevé que la cantidad de nitrógeno, cuando se usa como dicho gas adicional o en este, no supere el 1,0 % en volumen. El generador de ozono ejemplificado es de tipo de descarga eléctrica silenciosa.

50 55 El documento US-B-5370846 describe la generación de ozono en alta concentración añadiendo, a una alimentación de oxígeno de alta pureza (al menos un 99,995 %) a un generador de ozono de tipo descarga, nitrógeno de alta pureza (al menos el 99,99 %), dióxido de carbono, argón, helio u otro gas inerte para estabilizar la concentración de ozono. Se indica que la adición de menos del 1,0 % en volumen del gas que no es oxígeno no estabiliza la concentración de ozono y que cantidades que superen el 10 % en volumen no disminuyen el nivel total de concentración de ozono.

60 65 El documento US-B-5846298 describe la recuperación de ozono de una mezcla ozono-oxígeno por adsorción usando un adsorbente que comprende (i) una ceolita seleccionada de ceolita tipo L, ceolita tipo Y, ZSM-5, y mordenita en la que al menos un 90 % del contenido de cationes intercambiables es en forma de amonio y la relación molar de potasio a aluminio es inferior a 0,25 o (ii) una ceolita de tipo L de protones intercambiados en la que al menos un 90 % del contenido de cationes intercambiables es en forma de protón y la relación molar de potasio a aluminio es inferior a 0,25. En el ciclo de adsorción (PSA) ejemplificado se hace el ciclo de dos envases de adsorción a través de etapas complementarias de adsorción y desorción con gas agotado en ozono de la etapa de

adsorción que se recicla al generador de ozono. No hay referencia a helio, pero en un ejemplo el gas de alimentación al sistema generador de ozono se deriva de un sistema de separación de aire y contiene un 93 % en volumen de oxígeno, un 4,25 % en volumen de argón y un 2,75 % en volumen de nitrógeno, y también se usa como gas de barrido durante la etapa de desorción.

- 5 BREVE COMPENDIO DE LA INVENCIÓN  
 La invención comprende un método para producir un gas que contiene ozono que comprende:
- 10       pasar un gas que contiene gas oxígeno a través de un generador de ozono por plasma dieléctrico produciendo de ese modo un efluente de generador que comprende al menos un 2 % de ozono; y someter dicho efluente de generador, o un gas de alimentación que contiene ozono derivado del mismo, a un ciclo de adsorción, que comprende realizar repetidamente las siguientes etapas, en secuencia, en cada uno de al menos tres envases de adsorción, cada uno incluye un adsorbente que tiene una mayor afinidad de adsorción para ozono que para oxígeno o helio:
- 15       (i) una etapa de adsorción en la que el efluente de generador, o un gas de alimentación que contiene ozono derivado del mismo, se alimenta a través del envase de adsorción y al menos parte del gas que sale del envase de adsorción se recicla al generador;
- 20       (ii) una etapa de enjuague de gas producto en la que una parte del gas que sale de uno de los al menos tres envases de adsorción que está realizando la etapa de desorción se alimenta a través del envase de adsorción para recuperar oxígeno y helio y el gas recuperado que sale del envase de adsorción se recicla al generador; y
- 25       (iii) una etapa de desorción en la que se alimenta aire a través del envase de adsorción para desorber el ozono adsorbido y del envase de adsorción se retira un gas producto que comprende el aire y ozono; y
- 30       (iv) una etapa de enjuague con oxígeno en la que se alimenta oxígeno a través del envase de adsorción para desplazar aire y se alimenta gas que sale del envase de adsorción a otro de los al menos tres envases de adsorción que está realizando la etapa de desorción, y en donde se mantiene la mezcla de gas de alimentación que entra al generador para que consista, excluido cualquier contenido de ozono, en al menos un 90 % en oxígeno y al menos un 1 % helio con no más del 0,2 % de nitrógeno.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

35       La figura 1 es un diagrama de flujo de proceso de una realización de la presente invención;  
 La figura 2 es una tabla que muestra datos de tres pruebas de generación de ozono usando diferentes composiciones de mezcla de gas de alimentación; y  
 La figura 3 es un cuadro que muestra un ciclo de sistema para el sistema de ozono PSA mostrado en la figura 1.

- 40 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES DE LA INVENCIÓN  
 La presente invención comprende la introducción de helio como aditivo a cualquiera de las corrientes de oxígeno introducidas a un generador de ozono por descarga dieléctrica (plasma frío), donde el efluente del generador se dirige a un proceso de adsorción para separar el ozono del oxígeno. La invención comprende además un ciclo PSA mejorado, que se diseña para reducir la cantidad de helio y oxígeno de reposición requeridos para mantener el proceso de generación y recuperación de ozono.

A menos que se indique de otro modo en esta memoria, todos los porcentajes identificados en la memoria descriptiva, los dibujos y las reivindicaciones se deben entender en volumen.

- 50       La invención proporciona un método para generar un gas que contiene ozono que comprende pasar una mezcla de gas de alimentación que contiene oxígeno a través de un generador de ozono por plasma dieléctrico, produciendo de ese modo un efluente de generador que comprende al menos un 2 % de ozono; y someter dicho efluente de generador, o un gas de alimentación que contiene ozono derivado del mismo, a un ciclo de adsorción, que comprende realizar repetidamente las siguientes etapas, en secuencia, en cada uno de al menos tres envases de adsorción, cada uno incluye un adsorbente que tiene una mayor afinidad de adsorción para ozono que para oxígeno o helio:
- 55       (i) una etapa de adsorción en la que el efluente de generador, o un gas de alimentación que contiene ozono derivado del mismo, se alimenta a través del envase de adsorción y al menos parte del gas que sale del envase de adsorción se recicla al generador;
- 60       (ii) una etapa de enjuague de gas producto en la que una parte del gas que sale de uno de los al menos tres envases de adsorción que está realizando la etapa de desorción se alimenta a través del envase de adsorción para recuperar oxígeno y helio y el gas recuperado que sale del envase de adsorción se recicla al generador; y
- 65       (iii) una etapa de desorción en la que se alimenta aire a través del envase de adsorción para desorber el ozono adsorbido y del envase de adsorción se retira un gas producto que comprende el aire y ozono; y

- 5 (iv) una etapa de enjuague con oxígeno en la que se alimenta oxígeno a través del envase de adsorción para desplazar aire y se alimenta gas que sale del envase de adsorción a otro de los al menos tres envases de adsorción que está realizando la etapa de desorción, y en donde la mezcla de gas de alimentación consiste, excluido cualquier contenido de ozono, en al menos un 90 % en oxígeno y al menos un 1 % helio con no más del 0,2 % de nitrógeno. Usualmente, la mezcla de gas de alimentación será suministrada por una línea de gas de alimentación conectada a un suministro de oxígeno que comprende al menos un 90 % de oxígeno y un suministro de helio.
- 10 Preferiblemente, el contenido de oxígeno de la mezcla de gas de alimentación es al menos el 95 % y la mezcla de gas de alimentación comprende un 2 % - 5 % de helio y no más del 0,2 % de nitrógeno. La mezcla de gas de alimentación consiste esencialmente en oxígeno, helio y opcionalmente ozono.
- 15 El ozono se puede retirar del adsorbente usando un gas de barrido que consiste en aire ambiente que tiene un punto de rocío que no es superior a 57° C.
- 20 15 Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un sistema de ozono PSA 10. El sistema 10 comprende un subsistema generador de ozono 11 que genera ozono y un subsistema de adsorción 13 que separa ozono del efluente del proceso de generación de ozono, almacena temporalmente el ozono, y luego trasporta el ozono para uso en un proceso industrial por medio de una línea de gas producto 22.
- 25 20 El subsistema que genera de ozono 11 genera ozono al introducir una mezcla de gas de alimentación en un generador de ozono por descarga dieléctrica (plasma frío) 12 por medio de una línea de gas de alimentación 24. La mezcla de gas de alimentación en la línea de gas de alimentación 24 consiste esencialmente en oxígeno y helio. La línea de gas de alimentación 24 se conecta a un suministro de oxígeno 14, que proporciona un gas derivado de separación de aire y que comprende al menos un 90 % de oxígeno, preferiblemente al menos un 99 % de oxígeno.
- 30 25 La línea de gas de alimentación 24 también se conecta a un suministro de helio 16, que mantiene una concentración de helio de al menos un 1 %, preferiblemente un 2-5 %, en la mezcla de gas de alimentación. La mezcla de gas de alimentación también incluye gas reciclado de una línea de reciclaje 29. Se mantiene una concentración de oxígeno de al menos un 90 %, y preferiblemente al menos un 95 %, en la mezcla de gas de alimentación. La composición típica del gas reciclado se describirá con mayor detalle en esta memoria. El efluente de generador del generador de ozono 12, que fluye a través de la línea 26, consiste esencialmente en oxígeno, helio y ozono. Un generador típico de ozono por descarga dieléctrica convierte aproximadamente el 4 -13 % del oxígeno del gas de alimentación en ozono.
- 35 30 En esta realización, se suministra oxígeno y helio por medio de tanques de gas licuado. Como alternativa, se podrían usar medios adecuados para proporcionar suministros fiables de oxígeno y helio. Se podrían usar medios adecuados, tales como un controlador y válvulas ajustables (no se muestran), para controlar el flujo desde el suministro de oxígeno 14, el suministro de helio 16 y la línea de recuperación 28 para lograr la composición deseada de mezcla de gas de alimentación.
- 40 35 Como se describirá con en mayor detalle en esta memoria, la línea de recuperación 28 se proporciona para permitir la recuperación de oxígeno y helio, y por lo tanto reducir la cantidad de oxígeno y helio de reposición requeridos para mantener el proceso de generación de ozono. La línea de recuperación 28 preferiblemente incluye un compresor 20, que compensa caídas de presión en el sistema 10 y mantiene una presión deseada en la línea de reciclaje 29, y por lo tanto en la línea de gas de alimentación 24.
- 45 40 La mezcla de gas de alimentación no contiene más del 0,2 % de nitrógeno cuando entra al generador de ozono 12 (es decir, en la línea de gas de alimentación 24). Con el fin de monitorizar niveles de nitrógeno, la línea de recuperación 28 incluye un sensor de nitrógeno 34. La línea de recuperación 28 también incluye una línea de respiradero 36 que tiene una válvula 38, que se puede usar para respirar gas desde la línea de recuperación 28 si la concentración de nitrógeno en la línea de recuperación 28 supera el 0,2 %. Como se describirá con mayor detalle en esta memoria, el ciclo de sistema también se adapta para reducir la cantidad de nitrógeno que se introduce en la línea de recuperación 28.
- 50 45 En esta realización, el subsistema de adsorción 13 incluye tres envases de adsorción C1 - C3, cada uno de los cuales contiene un lecho similar de adsorbente. El adsorbente se adapta para tener una mayor afinidad de adsorción para ozono que para oxígeno, nitrógeno o helio. Comúnmente se usan adsorbentes de celita. El adsorbente de celita en esta realización se selecciona preferiblemente de cabasita, erionita, mordenita, offretita, ZSM-5, HZSM-5, ZSM-11, ZSM-12, zeolita-L, ferrierita, celita beta, celita tipo Y y combinaciones de los mismos.
- 55 50 Se proporciona un suministro de gas de barrido 18. Como se describirá con mayor detalle en esta memoria, el gas de barrido se usa para desorber ozono de los envases de adsorción C1 - C3 y llevar el ozono al proceso industrial en el que finalmente se usa. El gas de barrido es preferiblemente aire ambiente, que ha sido comprimido y secado a un punto de rocío no superior a 57° C (70° F), preferiblemente a un punto de rocío de no superior a 73° C (100° F).
- 60 55 65 Se proporciona una pluralidad de válvulas V50 a V64 y líneas de gas y se usan para controlar el flujo de gas a través de cada uno de los envases de adsorción C1 - C3 y para dirigir el efluente desde cada uno de los envases de

adsorción C1 - C3 según se deseé en cada una de las etapas de proceso descritas en esta memoria.

La figura 2 es una tabla que muestra los resultados de pruebas realizadas para confirmar que la adición de helio a la mezcla de gas de alimentación proporcionaría ahorro de energía y no afectaría negativamente a la generación de ozono. Las pruebas se realizaron usando un generador de ozono Wedesco GSO-50™. Para las tres pruebas, el caudal de gas de alimentación al generador de ozono se estableció en 18 litros por minuto estándar (slpm) y la presión se estableció a 117 kpa (1,17 bar) (manométricos). Se midieron datos de consumo de potencia para el generador de ozono (usados para calcular la potencia específica) y se promediaron en un periodo de cuatro minutos. En la Prueba 1, la mezcla de gas de alimentación consistía en el 100 % oxígeno, sin aditivos. En la Prueba 2, la mezcla de gas de alimentación consistía en el 96,9 % de oxígeno y el 3,1 % de nitrógeno, que tuvo como resultado una concentración de ozono ligeramente mayor en el efluente y una reducción de la potencia específica de la producción de ozono. En la Prueba 3, la mezcla de gas de alimentación consistía en el 96,9 el % de oxígeno y el 3,1 % de helio, que tuvo como resultado una concentración de ozono en el efluente que fue mayor que en la Prueba 1, pero menor que en la Prueba 2. Particularmente, la adición de helio tuvo como resultado una potencia específica menor que en la Prueba 1 o la Prueba 2. Cabe señalar que esto fue una prueba a escala muy pequeña. Se espera que producción de ozono a mayor escala tenga como resultado ahorros de energía más significativos.

Los siguientes párrafos describen las cuatro fases de un ciclo de adsorción para cada envase de adsorción C1 - C3. Durante el funcionamiento del sistema 10, cada envase C1 - C3 repite continuamente estas fases en su orden. Por motivos de brevedad, cada fase se describe con respecto al envase de adsorción C1, usando sus válvulas asociada V50 - V52 y V59 - V60. Se debe entender que cada fase se realiza de una manera similar en los envases de adsorción C2, C3, usando válvulas correspondientes para cada envase de adsorción respectivo. Por ejemplo, las válvulas V50 y V59 están abiertas cuando se está realizando una fase de alimentación de ozono en el envase de adsorción C1. Cuando la fase de alimentación de ozono se realiza en el envase de adsorción C2, estarán abiertas las válvulas V53 y V61. También se debe entender que, en la descripción que sigue, las válvulas que están abiertas durante una fase particular en un envase de adsorción se indican específicamente. Se puede asumir que todas las demás válvulas asociadas con ese envase de adsorción están cerradas durante la fase que se describe. La apertura y cierre de las válvulas se puede conseguir mediante cualesquiera medios adecuados, tales como un controlador 40. En interés de simplificar los dibujos, no se muestran las conexiones entre las válvulas y el controlador 40. Un ejemplo de un controlador usado para la etapa de ciclo de adsorción y control de flujo de proceso es un Controlador Lógico Programable (PLC), programado tal como mantener los flujos deseados y abrir o cerrar las válvulas durante cada etapa del proceso. Válvulas alrededor de los envases de adsorción pueden ser: válvulas de apertura/cierre accionadas eléctricamente; apertura/cierre accionado por aire con electroválvula asociada; válvulas de control accionadas eléctricamente; y/o válvula de control accionada por aire con electroválvula de control asociada.

#### 35 Alimentación de ozono

La finalidad de una fase de alimentación de ozono es permitir que el efluente de generador en la línea 26 fluya adentro de un envase de adsorción y permita que el ozono sea adsorbido. La fase de alimentación de ozono se realiza en el envase de adsorción C1 abriendo la válvula V50, que permite que el efluente de generador en la línea 26 (que consiste esencialmente en oxígeno, helio y ozono) fluya adentro del envase de adsorción C1. Cuando el efluente de generador fluye a través del envase de adsorción C1, se adsorbe ozono sobre el adsorbente. Componentes no adsorbidos del efluente de generador (principalmente oxígeno y helio) se recuperan abriendo válvula V59 y permitiendo que el efluente del envase de adsorción C1 fluya a la línea de recuperación 28.

#### 45 Enjuague de producto

La finalidad de una fase de enjuague de producto es recuperar el oxígeno y el helio que quedan en un envase de adsorción después de una fase de alimentación de ozono y antes de que se realice una fase de barrido con aire en ese envase de adsorción. Esto se consigue alimentando un gas de purga a través del envase de adsorción mientras el efluente se dirige desde el envase de adsorción a la línea de recuperación 28. La fase de enjuague de producto se realiza en el envase de adsorción C1 usando parte del efluente de otro envase de adsorción que está en una fase de barrido con aire (en este caso, envase de adsorción C3) como gas de purga. Durante una fase de barrido con aire en el envase de adsorción C3, las válvulas V64 y V57 están abiertas. Con el fin de iniciar la fase de enjuague de producto en el envase de adsorción C1, las válvulas V51 y V59 están abiertas. Preferiblemente, la fase de enjuague de producto se debe realizar hasta que el nitrógeno del gas de purga empieza a "traspasar" la parte superior del envase de adsorción C1, y se detiene justo antes de que cantidades substanciales de nitrógeno entren a la línea de reciclaje 28 (detectadas por el sensor de nitrógeno 34).

#### 55 Barrido con aire

La finalidad de una fase de barrido con aire es desorber ozono que se ha adsorbido durante una fase de alimentación de ozono y llevar gas producto enriquecido con ozono a la línea de gas producto 22, que lleva el gas producto al proceso industrial en el que finalmente se usa el ozono. En el envase de adsorción C1, la fase de barrido con aire se realiza abriendo las válvulas V60 y V51, que provoca que el gas de barrido fluya a través del envase de adsorción C1 y salga a través de la línea de gas producto 22. En esta realización, la duración de la fase de barrido con aire en cada envase de adsorción C1 - C3 se selecciona para lograr una duración total deseada de ciclo de sistema, que se trata en mayor detalle más adelante.

Enjuague con oxígeno

La finalidad de una fase de enjuague con oxígeno es limpiar el gas de barrido de un envase de adsorción después de la fase de barrido con aire de modo que el gas de barrido (que contiene cantidades significativas de nitrógeno) no se arrastre a la línea de recuperación 28 durante la fase de alimentación de ozono. En esta realización, se realiza

- 5 una fase de enjuague con oxígeno en el envase de adsorción C1 abriendo la válvula V52, que permite que fluya oxígeno adentro del envase de adsorción C1 por medio de una línea de baipás 30. La línea de baipás 30 conecta preferiblemente con el suministro de oxígeno 14 aguas arriba de la línea de reciclaje 29 y el suministro de helio 16 con el fin de reducir la pérdida de helio. Preferiblemente, la fase de enjuague con oxígeno continúa hasta que se 10 haya eliminado casi completamente el nitrógeno del envase de adsorción C1. Si una fase de enjuague con oxígeno es demasiado corta, el sensor de nitrógeno 34 en la línea de recuperación 28 detectará una concentración de nitrógeno indeseablemente alta cuando se inicie la fase de alimentación de ozono y el flujo de efluente se cambie a la línea de recuperación 28.

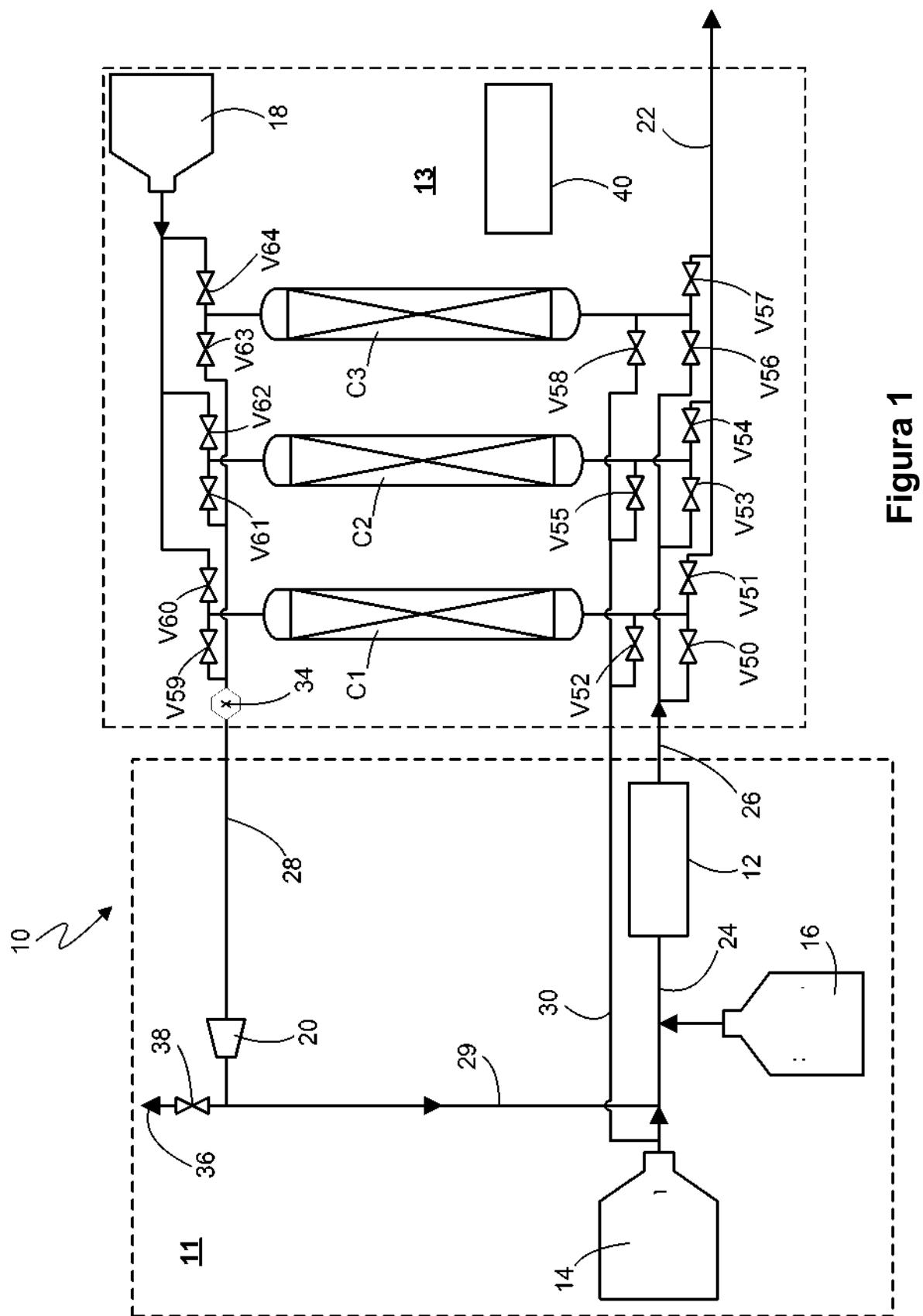
- 15 Todo o una parte del efluente de un envase de adsorción en el que se está realizando la fase de enjuague con oxígeno se combina con el gas de barrido para ayudar en la recuperación de ozono de otra columna.

Haciendo referencia a la figura 3, los ciclos de adsorción de los tres envases de adsorción C1 - C3 están desfasados de una manera que permite un funcionamiento relativamente estable del generador de ozono 12 y reduzca fluctuaciones en la concentración de ozono en el gas producto. El ciclo de sistema consiste en nueve etapas, que se 20 presentan en la figura 3. Durante cada etapa secuencial, uno de los envases de adsorción C1 - C3 cambia a la siguiente fase secuencial en su ciclo de adsorción. Con el fin de estabilizar las concentraciones de ozono en el gas producto, es deseable que al menos uno de los envases de adsorción C1 - C3 esté en la fase de barrido con aire durante cada etapa del ciclo de sistema.

- 25 El tiempo total de ciclo de adsorción para cada uno de los envases de adsorción C1 - C3 se selecciona preferiblemente para encontrar el equilibrio entre concentración de ozono en el gas producto y ahorros de oxígeno y helio. En términos relativos, más tiempo de ciclo de adsorción tendrá como resultado una mayor recuperación de oxígeno y helio para reciclaje, pero a costa de menor concentración de ozono en la corriente de producto. Por el contrario, poco tiempo de ciclo de adsorción tendrá como resultado menor recuperación de oxígeno y helio, pero 30 tendrá como resultado mayor concentración de ozono en el gas producto.

## REIVINDICACIONES

- 5        1. Un método para producir un gas que contiene ozono (26; 22) que comprende pasar una mezcla de gases de alimentación que contienen oxígeno (24) a través de un generador de ozono por plasma dieléctrico (12) produciendo de ese modo un efluente de generador que comprende al menos un 2 % de ozono y someter el efluente de generador (26), o un gas de alimentación que contiene ozono derivado del mismo, a un ciclo de adsorción (13) que comprende realizar repetidamente las siguientes etapas, en secuencia, en cada uno de al menos tres envases de adsorción (C1, C2, C3),
- 10      cada uno de los envases de adsorción incluye un adsorbente que tiene una mayor afinidad de adsorción para el ozono que para el oxígeno o helio:
- 15      (i) una etapa de adsorción en la que el efluente de generador (26), o un gas de alimentación que contiene ozono derivado del mismo, se alimenta a través del envase de adsorción y al menos parte del gas (28) que sale del envase de adsorción se recicla (29) al generador (12)
- 20      (ii) una etapa de enjuague de gas producto en la que una parte del gas que sale de uno de los al menos tres envases de adsorción que está realizando la etapa de desorción se alimenta a través del envase de adsorción para recuperar oxígeno y helio y gas recuperado (28) que sale del envase de adsorción se recicla (29) al generador (12);
- 25      (iii) una etapa de desorción en la que se alimenta aire (18) a través del envase de adsorción para desorber el ozono adsorbido y del envase de adsorción se retira un gas producto (22) que comprende aire y ozono; y
- 30      (iv) una etapa de enjuague con oxígeno en la que se alimenta oxígeno a través del envase de adsorción para desplazar aire y se alimenta gas que sale del envase de adsorción a otro de los al menos tres envases de adsorción que está realizando la etapa de desorción, y en donde se mantiene la mezcla de gas de alimentación (24) que entra al generador (12) para que consista, excluido cualquier contenido de ozono, en al menos un 90 % en volumen de oxígeno y al menos un 1 % en volumen de helio con no más del 0,2 % en volumen de nitrógeno.
- 35      2. El método de la reivindicación 1, en donde la mezcla de gas de alimentación se rellena mediante una línea de gas de alimentación (24) conectada a un suministro de oxígeno (14) que comprende al menos un 90 % en volumen de oxígeno y a un suministro de helio (16).
- 40      3. Método de la reivindicación 2, en donde el contenido de oxígeno de la mezcla de gas de alimentación es al menos un 99 % en volumen.
- 45      4. El método de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en donde dicho suministro de oxígeno también suministra el oxígeno para la etapa de enjuague con oxígeno.
- 50      5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenido de oxígeno de dicho suministro de oxígeno es al menos el 95 % en volumen.
- 55      6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la mezcla de gas de alimentación comprende un 2 % - 5 % en volumen de helio.
- 45      7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aire (18) para la etapa de desorción consiste en aire ambiente que tiene un punto de rocío que no es superior a 57° C.
- 50      8. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de enjuague de gas producto se realiza hasta que el nitrógeno del gas de purga empieza a "traspasar" la parte superior del envase de adsorción, y se detiene justo antes de que substanciales cantidades de nitrógeno estén presentes en el gas recuperado.
- 55      9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de enjuague con oxígeno continúa hasta que se ha eliminado casi completamente el nitrógeno del envase de adsorción.



Prueba #	Composición de gas de alimentación (en volumen)			Concentración de ozono enfluente (en volumen)	Potencia específica (Wh/gO3)
	Helio	Nitrógeno	Oxígeno		
1	0,0 %	0,0 %	100,0 %	5,2 %	10,8
2	0,0 %	3,1 %	96,9 %	5,5 %	10
3	3,1 %	0,0 %	96,9 %	5,3 %	9,5

**Figura 2**

C1	ALIMENTACIÓN 02/03		ENJUAGUE DE PRODUCTO		BARRIDO CON AIRE		ENJUAGUE CON OXÍGENO	
	BARRIDO CON AIRE	ENJUAGUE CON OXÍGENO	ALIMENTACIÓN 02/03	ENJUAGUE DE PRODUCTO	BARRIDO CON AIRE	ENJUAGUE CON OXÍGENO	ALIMENTACIÓN 02/03	BARRIDO CON AIRE
C2	ENJUAGUE DE PRODUCTO	BARRIDO CON AIRE	ENJUAGUE CON OXÍGENO	ALIMENTACIÓN 02/03	ENJUAGUE DE PRODUCTO	ENJUAGUE CON OXÍGENO	ALIMENTACIÓN 02/03	BARRIDO CON AIRE
C3	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5	ETAPA 6	ETAPA 7	ETAPA 8
								ETAPA 9

**Figura 3**