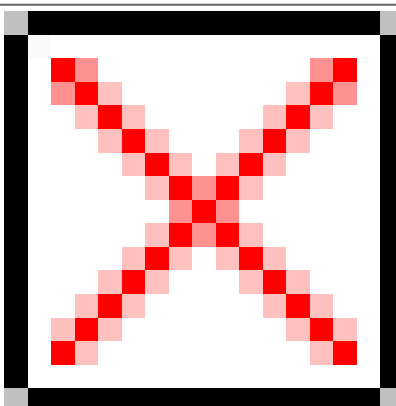


DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT



1	Título de la Invención (200 caracteres o espacios máximos)		
PROCESO PARA SEPARAR METANO DE UN GAS			
2	Datos del Solicitante		
Nombre:	JOHNSON MATTHEY DAVY TECHNOLOGIES LIMITED	Dirección Electrónica:	infopi@cardenasycardenas.com
Dirección:	10 Eastbourne Terrace, W2 6 LG	Domicilio/País de constitución:	REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA - INGLATERRA - LONDON
Identificación:			
☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☒ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE		☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ NIT	

Número: 900043462-			
3	Solicitantes		
Apellidos - Nombres o Razón Social		Tipo	Identificación
1.	JOHNSON MATTHEY DAVY TECHNOLOGIES LIMITED	NN	900043462
4	Datos del Inventor		
Nombre:	David WATSON	Dirección Electrónica:	infopi@cardenasycardenas.com
Dirección:	The Technology Centre Princeton Drive, Stockton-on Tees Durham TS17 6PY	Domicilio/País de constitución:	REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA - INGLATERRA - THORNABY
Identificación: ☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE ☒ No Aplica Número: -			
5	Inventor(es)		
Apellidos - Nombres		Domicilio	
1.	WATSON David	REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA	
2.	SWINNEY John	REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA	
6	Datos Inventor(es)		
País de Residencia		Departamento/Estado	Ciudad
Dirección			

1.	REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA	INGLATERRA	THORNABY	The Technology Centre Princeton Drive, Stockton-on Tees Durham TS17 6PY
2.	REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA	INGLATERRA	THORNABY	The Technology Centre Princeton Drive, Stockton-on Tees Durham TS17 6PY
7	Datos del Representante Legal / Apoderado			
Nombre:		LUZ HELENA ADARVE GOMEZ	Dirección Electrónica:	infopi@cardenasycardenas.com
Dirección:		Cra 7 No 71 - 52 Torre B Piso 9	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - BOGOTA D.C. - BOGOTA D.C.
Identificación: ☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE Número: 41575435-				
Presentación de Poder				
Año de Radicación				
Número de Radicación				
8	Datos Solicitud: PCT / WO			
Número Solicitud:		WO 2015/059453	Fecha Solicitud:	30/04/2015
Número Publicacion:		PCT/GB2014/053126	Fecha Publicacion:	17/10/2014
9	Declaraciones de prioridad		☒ SI ☐ NO	
1.	(33) País de origen REINO UNIDO DE LA GRAN BRETAÑA	Codigo del país GB	(31) No. Solicitud 1318592.1	(32) Fecha 21/10/2013
10	Reivindicaciones			

Número reivindicaciones:		9	Pago Reivindicaciones:	No
11	Reducción de tasas.			
<i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i> ☐ SI ☒ NO Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.				
☐ Micro, pequeñas y medianas empresas ☐ Universidades públicas o privadas ☐ Entidades sin ánimo de lucro Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos				
12	Documentos Anexos			
☒ Reivindicaciones ☒ Descripción ☒ Dibujos y/o Figuras ☒ Resumen ☐ Certificado Depósito Material Biológico ☐ Uso de Conocimiento tradicional ☐ Listado de secuencias ☒ Artes finales 12 x 12 cm ☒ Poderes, si fuere el caso ☐ Copia de la primera solicitud si se reivindica prioridad ☐ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad ☐ Otros Anexos				

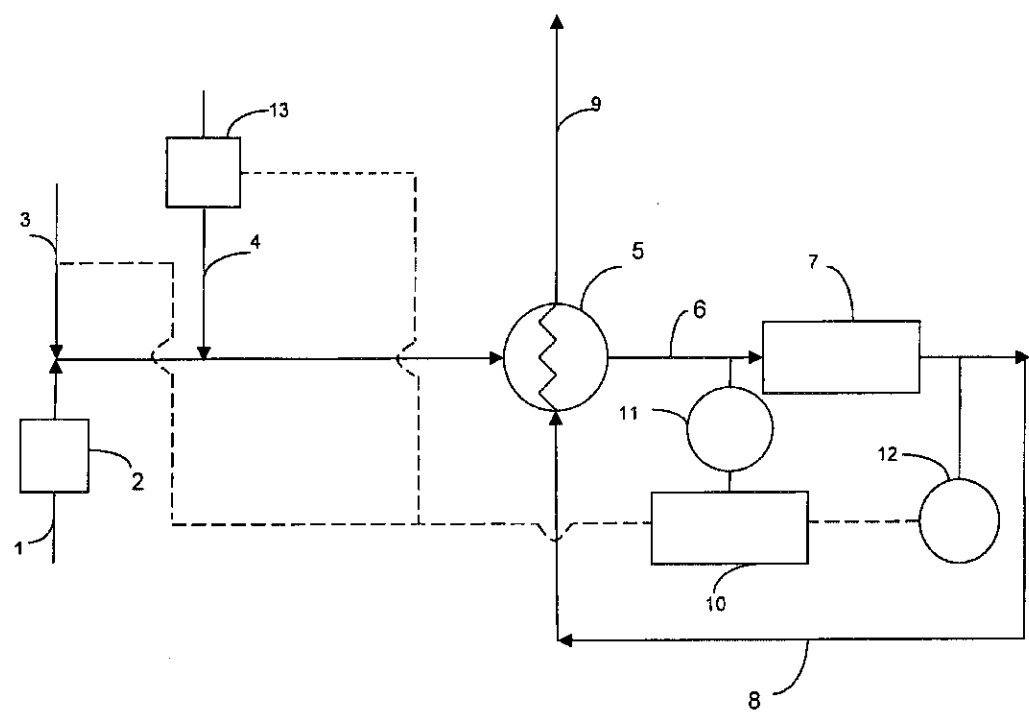


Figure 1

UN PROCESO Y APARATO

La presente invención se refiere a un proceso para separar metano de un gas. Más especialmente, se refiere a un proceso para separar metano de un gas en baja concentración y, en particular, en una concentración de aproximadamente 1% en moles o menos. Todavía más especialmente, se refiere a un proceso para separar metano del gas de ventilación de una mina de carbón.

Una capa de carbón generalmente contendrá una cantidad sustancial de metano allí adsorbida. En general, es deseable y posible separar este metano de la capa sin explotar por medio de drenaje. El gas recuperado tendrá una concentración de metano relativamente alta que puede estar en la región desde aproximadamente 30% en moles hasta aproximadamente 95% en moles. Por lo tanto, es relativamente fácil y efectivo en cuanto a costo utilizar este metano.

El metano también se encuentra en el gas descargado del sistema de ventilación de la mina de carbón. Sin embargo, a diferencia del gas proveniente de la capa de mina, el gas de ventilación tiene una muy baja concentración de metano que generalmente estará en el orden de solamente desde aproximadamente 0,1% en moles hasta aproximadamente 1% en moles. Por lo tanto, se descarga conven-

cionalmente a la atmósfera con los demás gases que forman la descarga del gas de ventilación.

Si bien esta liberación de metano no es directamente dañina para los seres humanos, se cree que su presencia en la atmósfera puede contribuir al calentamiento global y/o cambio climático. Por consiguiente, es deseable hacer arreglos alternativos para reducir la cantidad de metano descargado.

Mientras que, en teoría, una opción para la recuperación de metano sería el concentrar el gas de ventilación de la mina de carbón de manera que la cantidad de metano sea mayor, dicho proceso llevaría la concentración hasta el límite de explosión de metano, que usualmente es desde aproximadamente 4% en moles hasta aproximadamente 15% en moles de metano. Por lo antes expuesto se aprecia que existen varios problemas de seguridad importantes asociados con cualquier proceso que implique una etapa de concentración.

En vista de lo antedicho, se han propuesto varios métodos alternativos para utilizar el gas de ventilación directamente en, por ejemplo, turbinas o para someter el gas a oxidación en presencia o ausencia de un catalizador adecuado de manera que el metano presente en el gas se oxide a dióxido de carbono y agua antes de ser descargado. Los ejemplos de los sistemas de oxidación se descri-

ben en CN102230393, CN102225321, CN102218286, CN102205207, CN101418702, CN101906986, CN201301726, CN201650343 y CN101206027.

En los procesos de oxidación, generalmente es necesario calentar el gas antes de ponerlo en contacto con el catalizador. Sin embargo, estos procesos pueden ser difíciles de operar. Un problema es que la temperatura en el reactor tiene que ser controlada de manera que sea lo bastante alta como para que ocurra la reacción pero no tan alta como para dañar e incluso desactivar el catalizador.

La necesidad de controlar la temperatura durante el proceso de oxidación resulta complicada por el hecho de que la concentración del gas metano en la corriente de gas de ventilación recuperado de una mina es fluctuante.

Un proceso sugerido para tratar con la utilización de las corrientes de gas que tienen una concentración baja pero fluctuante de metano en el gas de ventilación a partir de una mina de carbón se trata en US2013/0189523. En un primer arreglo el método propuesto comprende alimentar el gas a través del permutador térmico que habrá de ser precalentado. Este gas precalentado luego se alimenta a un reactor en el cual se contacta con un catalizador de oxidación de manera que ocurra la reacción de oxidación. Posteriormente, el gas reaccionado se pasa a

través del permutador térmico de manera tal que se recupere el calor mediante permutación térmica con el gas sin reaccionar. El método también incluye el variar la cantidad de gas que habrá de alimentarse al catalizador de oxidación dependiendo de la concentración de metano en gas que será tratado, de manera que la tasa de flujo de gas se incremente cuando la concentración de metano sea alta y disminuya cuando la concentración de metano sea baja.

En un segundo arreglo descrito en US2012/0189523, el gas que será tratado se pasa a través de un pasaje de baja temperatura a un permutador térmico de manera de calentarse. El gas precalentado luego se alimenta al reactor donde se contacta con el catalizador de oxidación en el cual ocurre la reacción de oxidación deseada. Luego, el gas reaccionado se hace pasar a través del permutador térmico para permitir el intercambio de calor con el gas de alimentación. En este arreglo, parte de la corriente en el lado de baja temperatura o el lado de alta temperatura del permutador térmico se puede pasar a través del pasaje de acceso directo de manera que el permutador térmico se desvíe en una porción de gas. La relación de gas de alimentación que será alimentado a través del pasaje de acceso directo en relación a la cantidad que será alimentada al permutador térmico se deja variar de manera

que cuanto menor sea la relación, menor será la concentración de metano en el gas de alimentación y cuanto mayor sea la relación, mayor será la concentración de metano en el gas de alimentación.

Si bien estos procesos ofrecen algunos medios de tratar los problemas asociados con la utilización de baja concentración de metano en gas, tal como corrientes de ventilación de mina, es deseable proporcionar un proceso alternativo para tratar corrientes de gas que comprenden una cantidad de metano que está por debajo del rango de combustión, tal como una corriente de ventilación proveniente de la mina de carbón.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona un método para separar metano del gas de alimentación que tiene una concentración de metano de aproximadamente 2% o menos, cuyo método comprende las siguientes etapas:

(a) opcionalmente, mezclar el gas de alimentación con metano de reemplazo o aire de reemplazo;

(b) pasar el gas de alimentación y el gas de reemplazo opcional a través de un permutador térmico para elevar la temperatura del gas a la temperatura de entrada deseada T_1 de un reactor de oxidación;

(c) pasar la corriente calentada de la etapa (b) al reactor de oxidación contentivo de un catalizador de oxi-

dación, donde se oxida el metano;

(d) retirar una corriente de gas que incluye los productos de la reacción de oxidación del reactor, cuya corriente de gas está a una temperatura de salida T_2 que es mayor que la temperatura de entrada T_1 ;

(e) pasar la corriente de gas separada en la etapa (d) a través del permutador térmico contra la corriente del reactor de la etapa (b) para permitir que el calor se recupere de la corriente de gas separada en la etapa (d) y utilizada para calentar la corriente del reactor en la etapa (b); y

(f) medir la temperatura de salida T_2 y controlar la temperatura de entrada T_1 ajustando la cantidad relativa de metano de reemplazo y/o aire de reemplazo agregado en la etapa (a).

Es de entender que mediante el control de la temperatura de salida T_2 se controla la temperatura de entrada T_1 .

De acuerdo con un arreglo, la temperatura de salida T_2 se compara con una temperatura deseada predeterminada y la concentración de metano o aire en la alimentación se ajusta de manera que la temperatura de entrada T_1 se ajuste de modo que siguiente al aumento de temperatura ocasionado por la reacción resulte el acercamiento de la T_2 a la temperatura deseada. La T_1 no se ajustará a una

temperatura que esté por debajo de una temperatura de iniciación de reacción mínima.

La vida del catalizador se maximiza en la presente invención toda vez que las temperaturas se pueden controlar, de modo que la temperatura que causó la degradación del catalizador se minimice y, de preferencia, se obvie. En la presente invención, la T_1 tiene que fijarse dentro del rango operativo que no permita a la T_2 el tener una reacción exotérmica por encima de la temperatura operativa máxima del catalizador. Sin embargo, las variaciones en la concentración del metano de la mina causará fluctuaciones en la reacción exotérmica observada y, quizá, variaciones en T_2 . Esta variación tiene que ser controlada por debajo de la cifra máxima permitida para T_2 pero tiene que ser controlada para generar la temperatura de entrada T_1 .

De esta manera, la presente invención hace uso del hecho de que a medida que aumenta la concentración de metano aumenta la temperatura de salida T_2 . Si la temperatura T_2 aumenta, el aire de reemplazo se puede mezclar con la alimentación de manera que la concentración de metano se reduzca. De manera similar, si la temperatura T_1 es muy baja para permitir la operación del catalizador, la adición del metano de reemplazo para incrementar la concentración de metano aumentará la T_2 de modo que se

pasa una corriente más caliente a través del permutador térmico que a su vez conllevará al incremento de la temperatura de la corriente de alimentación en la medida que pasa a través del permutador térmico y, de este modo, incrementando T_1 .

Se puede utilizar cualquier catalizador adecuado en el reactor de oxidación. De acuerdo con un arreglo, el catalizador puede ser iridio o platino disperso en un portador tal como un vehículo óxido. Ejemplos de portadores útiles incluyen circonia, titania, alúmina o una mezcla de los mismos. En un arreglo alternativo, el catalizador puede ser paladio y/o platino sobre un soporte. El catalizador puede estar presente en cualquier configuración adecuada, mas en un arreglo puede ser un sustrato revestido tal como una configuración de panal metálico o cerámico.

La temperatura deseada dependerá del catalizador utilizado. Cuando el catalizador contiene paladio y/o platino sobre el soporte, la T_1 es preferiblemente por lo menos de 350 °C. Las temperaturas por encima de 650 °C generalmente se evitarán para maximizar la vida del catalizador y minimizar los costos del reactor.

A medida que el gas contentivo del metano calentado se pasa sobre el catalizador, el metano se oxida en dióxido de carbono y agua.

De acuerdo con un arreglo, la tasa de flujo del reactor se mantendrá constante.

Es de entender que el metano de reemplazo opcionalmente agregado en la etapa (a) puede ser metano o una corriente de gas que comprende metano. En este último arreglo, una corriente rica en metano es la preferida.

De esta manera, la presente invención permite que el sistema tome en cuenta las fluctuaciones en la concentración de metano. El arreglo es suficientemente flexible para variar rápidamente la cantidad de metano de reemplazo o de aire de reemplazo mientras se mantiene fijo el flujo total a la capa de catalizador.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un método para separar el metano del gas de alimentación que tiene una concentración de metano de aproximadamente 2% en moles o menos, cuyo método comprende las siguientes etapas:

(a) pasar el gas de alimentación a través de un permutador térmico para aumentar la temperatura del gas a la temperatura de entrada deseada T_1 de un reactor de oxidación;

(b) opcionalmente, derivar una porción de la alimentación alrededor del permutador térmico con aire de reemplazo opcional;

(c) pasar la corriente calentada de la etapa (a) y

cualquier alimentación derivada de la etapa (b) al reactor de oxidación contentivo de un catalizador de oxidación, donde se oxida el metano;

(d) separar una corriente de gas que incluye los productos de la reacción de oxidación del reactor, dicha corriente de gas está a una temperatura de salida T_2 que es mayor que la temperatura de entrada T_1 ;

(e) pasar la corriente de gas separada en la etapa (d) a través del permutador térmico contra la corriente del reactor de la etapa (a) para permitir la recuperación del calor de la corriente de gas separada en la etapa (d) y que sea utilizado para calentar la corriente del reactor en la etapa (a); y

(f) medir la temperatura de salida T_2 y controlar la temperatura de entrada T_1 ajustando la cantidad de alimentación que se deriva del permutador térmico.

Es de entender que controlando la temperatura de salida T_2 se logra controlar la temperatura de entrada T_1 .

La mezcla de la corriente derivada fría con la corriente de alimentación calentada permite que la temperatura T_1 al reactor pueda ser controlada. La cantidad de gas derivado se puede incrementar a medida que aumenta la concentración de metano que, de otro modo, resultaría en el incremento en la temperatura de salida del reactor.

El catalizador y las temperaturas son conforme antes argumentadas en relación con el primer aspecto anterior de la invención.

En cualquier arreglo, se puede proporcionar un calentador de encendido por combustión u otro método adecuado para calentar el reactor a las condiciones operativas.

Si el catalizador desactiva el gas de salida desde el reactor eventualmente contendrá metano. Se puede detectar la presencia de metano en la corriente de salida. Luego, estos procesos pueden permitir que el sistema sea operado de manera que T_1 pueda ser incrementado hasta que ya no se note más metano en la corriente separada del detector.

La concentración de metano en la corriente obtenida del reactor se puede detectar por cualquier medio. En un arreglo se puede medir utilizando un analizador de absorción infrarrojo no dispersivo que utiliza un detector de estado sólido que da monitoreo continuo del metano hasta 1 ppm o inferior.

La corriente de alimentación de gas puede tener menos de aproximadamente 1% en moles o menos de aproximadamente 0,5% en moles o menos de aproximadamente 0,1% en moles de metano.

Se puede utilizar cualquier tasa de flujo de gas

adecuada. Según un arreglo, puede haber una velocidad espacial gas-horario de aproximadamente 20.000 Lgas/Lcatalizador/hr con una velocidad lineal en la superficie frontal del catalizador de aproximadamente menos de 20 m/s.

Si bien la presente invención ha sido descrita con referencia al tratamiento de metano en un gas de ventilación a partir de una mina de carbón, se entenderá que es igualmente aplicable a otras corrientes en las cuales exista una baja concentración de metano.

La presente invención se describirá ahora a manera de ejemplo con referencia a los dibujos acompañantes en los cuales:

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un diagrama de flujo de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención; y

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un diagrama de flujo de acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención.

Las personas versadas en el arte entenderán que los dibujos son diagramáticos y que en una planta comercial se pueden requerir otras partes de equipos tales como tambores de reflujo, bombas, bombas de vacío, sensores de temperatura, sensores de presión, válvulas de alivio de presión, válvulas de control, controladores de flujo,

amortiguadores para control de flujo, conductos, supresores de llama, controladores de nivel, tanques de depósito y similares pueden ser requeridos en una planta comercial. La disposición de dichas partes auxiliares del equipo no forma parte de la presente invención y está de acuerdo con la práctica de ingeniería química convencional.

Conforme ilustrado en la Figura 1, el gas se separa de la mina en la línea 1 utilizando un ventilador 2 en el cual se mezcla con metano de reemplazo opcional, en general en forma de un gas rico en metano 3, o aire de reemplazo opcional en la línea 4, suplido por el ventilador 13 y luego alimentado al permutador térmico 5 donde es calentado a una temperatura T_1 y luego es alimentado en la línea 6 al reactor 7. En el reactor, el metano se convierte en dióxido de carbono y agua. La corriente de gas, que se habrá calentado durante la reacción exotérmica a la temperatura T_2 luego se separa del reactor en la línea 8 donde se pasa a través del permutador térmico 5 contra la alimentación de entrada en la línea 1, de manera que es enfriado y la corriente de entrada calentada.

Un controlador 10 monitorea las temperaturas T_1 y T_2 medidas en los detectores 11 y 12 y luego controla el metano de reemplazo y el aire de reemplazo según lo adecuado.

En el arreglo alternativo ilustrado en la Figura 2, la alimentación 21 se separa de la mina utilizando el ventilador principal 22 y luego se pasa al permutador térmico 23 donde se calienta. Una porción de la alimentación puede ser derivada alrededor del permutador térmico en la línea 24 y luego se mezcla con la alimentación calentada. Una válvula 25 controla la derivación. Se puede agregar el aire de reemplazo en la corriente de reemplazo en la línea 26 utilizando el ventilador 27. Al comienzo, el metano se puede agregar en la línea 38 que ha sido pasada a través del quemador de arranque 31. También es posible agregar metano mediante la línea 38 y 39 que deriva el quemador de arranque durante operación normal.

Luego, la corriente se alimenta en la línea 28 al reactor 29, lugar donde ocurre la reacción. Posteriormente, la corriente de gas se separa del reactor 29 en la línea 32, donde se pasa a través del permutador térmico 23, siendo allí enfriada mientras calienta el gas de alimentación. A continuación, el gas enfriado es liberado en la línea 33.

Un controlador 34 monitorea las temperaturas T_1 y T_2 medidas en los detectores 35 y 36 y el analizador de metano de salida 37 y luego controla la cantidad de derivación utilizando la válvula 25 y la cantidad de aire de reemplazo en la línea 26.

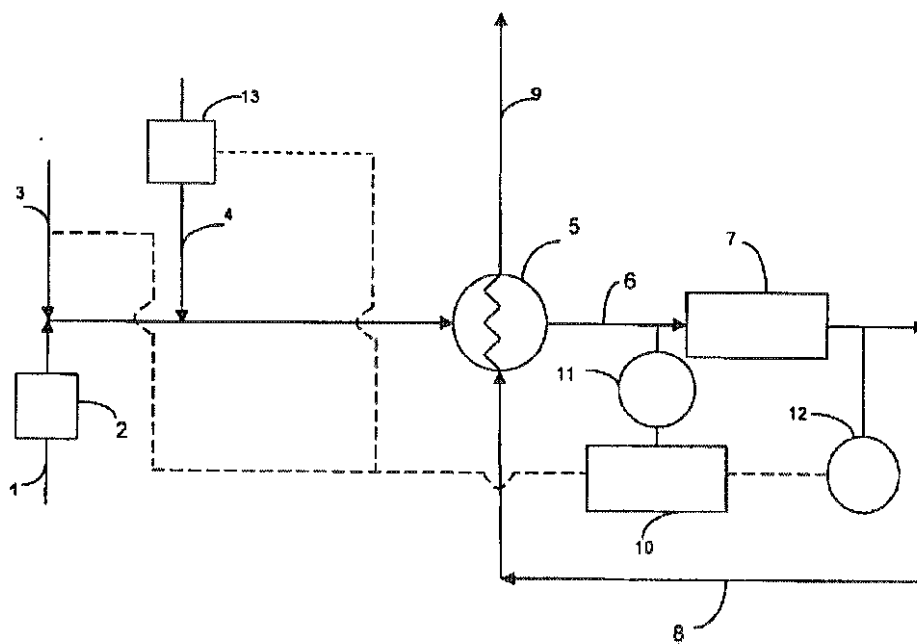


Figura 1

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un diagrama de flujo de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención.

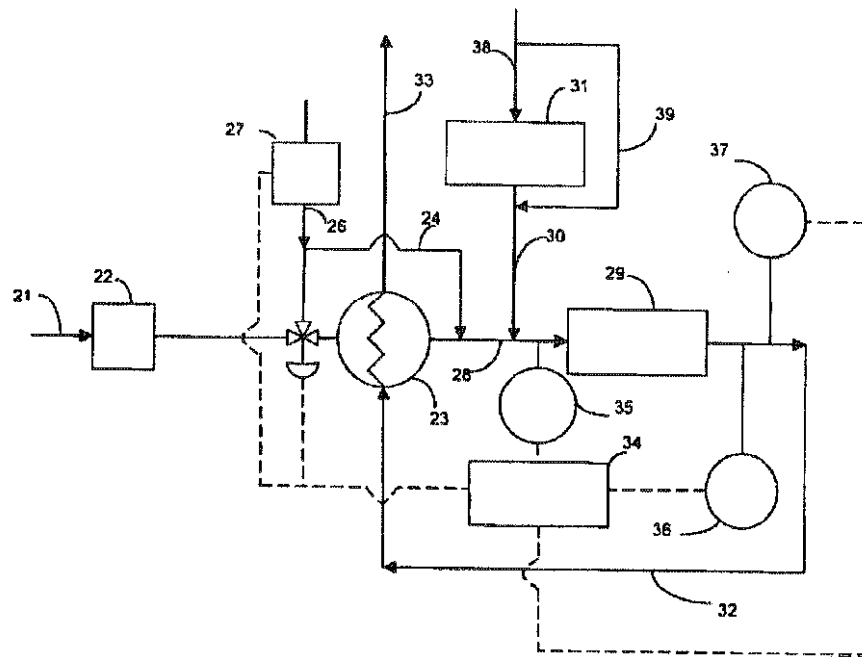


Figura 2

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un diagrama de flujo de acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para separar metano de un gas de alimentación que tiene una concentración de metano de aproximadamente 2% en moles o menos, cuyo método comprende las siguientes etapas:

(a) opcionalmente, mezclar el gas de alimentación con metano de reemplazo o aire de reemplazo;

(b) pasar el gas de alimentación y el gas de reemplazo opcional a través de un permutador térmico para elevar la temperatura del gas a la temperatura de entrada deseada T_1 de un reactor de oxidación;

(c) pasar la corriente calentada de la etapa (b) al reactor de oxidación contentivo de un catalizador de oxidación, donde se oxida el metano;

(d) retirar una corriente de gas que incluye los productos de la reacción de oxidación del reactor, cuya corriente de gas está a una temperatura de salida T que es mayor que la temperatura de entrada T_1 ;

(e) pasar la corriente de gas separada en la etapa (d) a través del permutador térmico contra la corriente del reactor de la etapa (b) para permitir que el calor se recupere de la corriente de gas separada en la etapa (d) y sea utilizado para calentar la corriente del reactor en la etapa (b); y

(f) medir la temperatura de salida T_2 y controlar la temperatura de entrada T_1 ajustando la cantidad relativa de metano de reemplazo y/o aire de reemplazo agregado en la etapa (a).

2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la temperatura de salida T_2 se compara con una temperatura deseada predeterminada y la concentración de metano o aire en la alimentación se ajusta de manera que la temperatura de entrada T_1 se ajuste de modo tal que, siguiente al aumento de temperatura ocasionado por la reacción, resulte el acercamiento de la T_2 a la temperatura deseada.

3. Un método para separar el metano del gas de alimentación que tiene una concentración de metano de aproximadamente 2% en moles o menos, cuyo método comprende las siguientes etapas:

(a) pasar el gas de alimentación a través de un permutador térmico para aumentar la temperatura del gas a la temperatura de entrada deseada T_1 de un reactor de oxidación;

(b) opcionalmente, derivar una porción de la alimentación alrededor del permutador térmico con aire de reemplazo opcional;

(c) pasar la corriente calentada de la etapa (a) y cualquier alimentación derivada de la etapa (b) al reac-

tor de oxidación contentivo de un catalizador de oxidación, donde se oxida el metano;

(d) separar una corriente de gas que incluye los productos de la reacción de oxidación del reactor, dicha corriente de gas está a una temperatura de salida T_2 que es mayor que la temperatura de entrada T_1 ;

(e) pasar la corriente de gas separada en la etapa (d) a través del permutador térmico contra la corriente del reactor de la etapa (a) para permitir la recuperación del calor de la corriente de gas separada en la etapa (d) y utilizada para calentar la corriente del reactor en la etapa (a); y

(f) medir la temperatura de salida T_2 y controlar la temperatura de entrada T_1 ajustando la cantidad de alimentación que se deriva del permutador térmico.

4. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 3 caracterizado por que el catalizador contiene paladio y/o platino sobre un soporte.

5. Un proceso de acuerdo con la Reivindicación 4, caracterizado por que el soporte es un soporte óxido.

6. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 5 caracterizado por que el soporte del catalizador se presenta en configuración de pannel.

7. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las

reivindicaciones 4 ó 5 caracterizado por que la temperatura T_1 es preferiblemente de por lo menos 350 °C.

8. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual la temperatura T_2 es 650 °C o menos.

9. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 7 caracterizado por que la corriente de alimentación de gas tiene menos de 1% en moles de metano, o menos de 0,5% en moles o menos de aproximadamente 0,1% en moles de metano.

POWER OF ATTORNEY

In the city of _____, _____ on the
day of the month of _____, two thousand and sixteen (2016)
_____ of age, acting in his/her name

JOHNSON MATTHEY DAVY TECHNOLOGIES LIMITED, domiciled at 10 Eastbourne Terrace, London W2 6LG, *Great Britain* grants hereby special, ample and sufficient Power of Attorney to DARIO CARDENAS-NAVAS and/or LUZ HELENA ADARVE-GOMEZ and/or EDUARDO CARDENAS-CABALLERO and/or BERNARDO P. CARDENAS-MARTINEZ and/or JUANITA ACOSTA GOMEZ, registered lawyers of the firm CARDENAS & CARDENAS-LAWYERS, domiciled at Carrera 7 No. 71-52, Torre B, Piso 9 Bogotá, D.C., Colombia, to carry before the corresponding Colombian National Offices and authorities the proceedings to obtain trademarks, patents, utility models, industrial drawings and designs, deposits of commercial names and ensigns, as well as processing of renewals, assignments, change of name or domicile of the owner, waivers and licenses of the same for which purpose they are empowered to take before said authorities all necessary actions for the indicated purposes; to file applications, statements, claims, formulate descriptions, amendments, oppositions and appeals; pay all taxes and installments and make any other payments determined by law; to receive every document and values issuing the respective discharge; to fulfill any other requirements and take, in general, every measure that they shall deem opportune for the defense and protection of the Industrial Property of the company in the event of infringements, oppositions, proceedings for cancellation or annulment, imposition of fines, passing the antecedents to the courts; they are empowered to appear as plaintiff or defendant before the competent judges, being entitled to transact, submit to arbitration, waive, receive, resign, withdraw, appeal and all other legal powers which may be necessary, and it is hereby declared ever since now valid and good whatever such attorneys do for its benefit, granting them also power to substitute this proxy and if necessary to revoke such substitutions.

That for purposes of articles 597 and 543 of the Colombian code of Commerce the attorneys are empowered to receive service of notice and designate judicial and extrajudicial attorneys.

SIGNED AT London, UK ON 4th March 2016

BY 
(**Johnson Matthey Davy Technologies Limited**)

Gillian Helen Smaggasgale
Authorised Signing Officer for Johnson Matthey Davy Technologies Limited

-Colombia-

PODER DE ABOGADO

En la ciudad de _____, _____ el día _____ del mes _____ de dos mil dieciséis (2016), _____ mayor de edad, actuando en su nombre _____ **JOHNSON MATTHEY DAVY TECHNOLOGIES LIMITED**, con domicilio en 10 Eastbourne Terrace, London W2 6LG, *Gran Bretaña*, otorga por el presente Poder especial, amplio y suficiente a DARIO CÁRDENAS NAVAS y/o LUZ HELENA ADARVE GÓMEZ y/o EDUARDO CARDENAS-CABALLERO y/o BERNARDO P. CARDENAS-MARTINEZ y/o JUANITA ACOSTA GÓMEZ, abogados registrados de la firma CARDENAS & CARDENAS - LAWYERS, con domicilio en la carrera 7 No. 71-52, torre B, piso 9, Bogotá D.C., Colombia, para realizar ante las autoridades y las oficinas nacionales Colombianas correspondientes los procesos para obtener marcas, patentes, modelos de utilidad, diseños y dibujos industriales, depósitos de nombres y lemas comerciales, así como también procesar renovaciones, cesiones, cambios de nombre o domicilio del propietario, renunciaciones y licencias de las mismas para cuyo propósito ellos están facultados para tomar ante dichas autoridades todas las acciones necesarias para los propósitos indicados; para presentar solicitudes, declaraciones, reclamaciones, formular descripciones, correcciones, oposiciones y apelaciones; pagar todos los impuestos y cuotas y hacer cualesquier otros pagos determinados por ley; para recibir todos los documentos y valores que emitan la respectiva cancelación; para cumplir cualesquier otros requerimientos y tomar, en general, todas las medidas que lleguen a ser consideradas oportunas para la

defensa y protección de la Propiedad Industrial de la compañía en caso de infracciones, oposiciones, procesos de cancelación o anulación, imposición de multas, paso de antecedentes a los tribunales; están facultados para comparecer como demandante o defensor ante los jueces competentes, tienen derecho a transar, presentar arbitraje, renunciar, recibir, renunciar, retirar, apelar y todas las otras facultades legales que puedan ser necesarias, y por la presente declaro y confirmo desde ahora válido y bueno todo lo que dichos abogados hagan para su beneficio, otorgándoles también facultad para sustituir este poder y si fuera necesario revocar dichas sustituciones.

Que para propósitos de los artículos 597 y 543 del Código de Comercio Colombiano los abogados tienen facultad para recibir notificaciones judiciales y designar abogados judiciales y extrajudiciales.

Firmado en Londres, RU EL 4 de marzo de 2016

Por: [aparece firma]

(JOHNSON MATTHEY DAVY TECHNOLOGIES LIMITED)

Gillian Helen Smaggasgale

**Funcionario Firmante Autorizado por JOHNSON MATTHEY DAVY
TECHNOLOGIES LIMITED**

P542502COPC

UN PROCESO Y APARATO

RESUMEN

La invención se refiere a un método para separar metano de un gas de alimentación que tiene una concentración de metano de 2% en mol o menos, cuyo método comprende las siguientes etapas:

(a) opcionalmente, mezclar el gas de alimentación con metano de reemplazo o aire de reemplazo;

(b) pasar el gas de alimentación y el gas de reemplazo opcional a través de un permutador térmico para elevar la temperatura del gas a la temperatura de entrada deseada T_1 de un reactor de oxidación;

(c) pasar la corriente calentada de la etapa (b) al reactor de oxidación contentivo de un catalizador de oxidación, donde se oxida el metano;

(d) retirar una corriente de gas que incluye los productos de la reacción de oxidación del reactor, cuya corriente de gas está a una temperatura de salida T_2 que es mayor que la temperatura de entrada T_1 ;

(e) pasar la corriente de gas separada en la etapa (d) a través del permutador térmico contra la corriente del reactor de la etapa (b) para permitir que el calor se recupere de la corriente de gas separada en la etapa (d) y se utilice para calentar la corriente del reactor

en la etapa (b); y

(f) medir la temperatura de salida T_2 y controlar la temperatura de entrada T_1 ajustando la cantidad relativa de metano de reemplazo y/o aire de reemplazo agregado en la etapa (a), o,

que comprende las etapas siguientes, a saber:

(g) pasar el gas de alimentación a través de un permutador térmico para aumentar la temperatura del gas a la temperatura de entrada deseada T_1 de un reactor de oxidación;

(h) opcionalmente, derivar una porción de la alimentación alrededor del permutador térmico con aire de reemplazo opcional;

(i) pasar la corriente calentada de la etapa (a) y cualquier alimentación derivada de la etapa (b) al reactor de oxidación contentivo de un catalizador de oxidación, donde se oxida el metano;

(j) separar una corriente de gas que incluye los productos de la reacción de oxidación del reactor, dicha corriente de gas está a una temperatura de salida T_2 que es mayor que la temperatura de entrada T_1 ;

(k) pasar la corriente de gas separada en la etapa (d) a través del permutador térmico contra la corriente del reactor de la etapa (a) para permitir la recuperación del calor de la corriente de gas separada en la etapa (d)

y que sea utilizado para calentar la corriente del reactor en la etapa (a); y

(1) medir la temperatura de salida T_2 y controlar la temperatura de entrada T_1 ajustando la cantidad de alimentación que se deriva del permutador térmico.

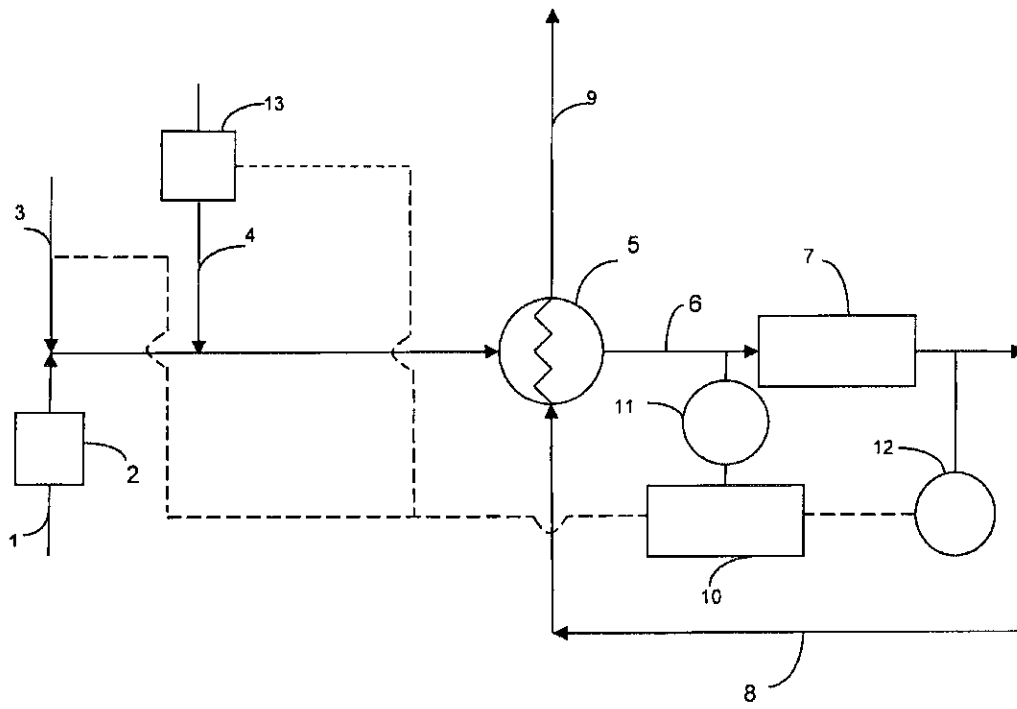


Figure 1

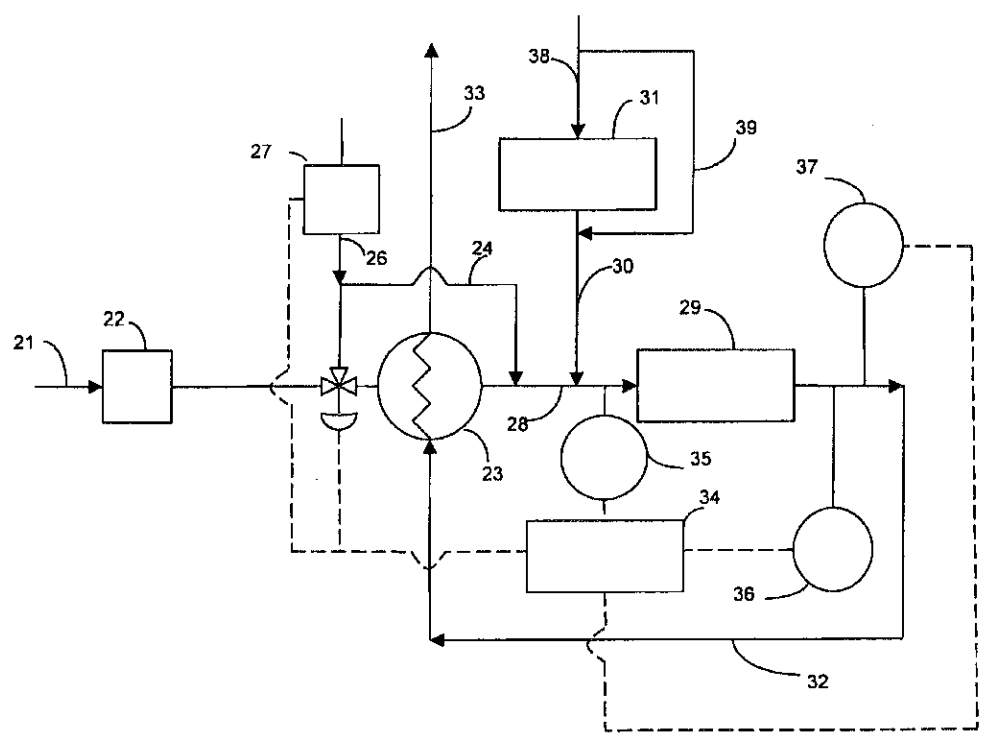


Figure 2