

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 574**

51 Int. Cl.:

C21B 5/00 (2006.01)
C21B 13/00 (2006.01)
F23D 14/02 (2006.01)
F23D 14/32 (2006.01)
F23D 14/62 (2006.01)
F27D 3/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2019** **PCT/US2019/023832**
87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2019** **WO19190960**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2019** **E 19778375 (6)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2023** **EP 3774645**

54 Título: **Sistema de inyección de oxígeno para un procedimiento de reducción directa**

30 Prioridad:

27.03.2018 US 201862648550 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2024

73 Titular/es:

MIDREX TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
3735 Glen Lake Drive, Suite 400
Charlotte, North Carolina 28208, US

72 Inventor/es:

MICHISHITA, HARUYASU y
ELLIOTT, ANTONIO

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 960 574 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

Sistema de inyección de oxígeno para un procedimiento de reducción directa

5 ANTECEDENTES

Con referencia específicamente a la Figura 1, en un procedimiento de reducción directa (RD) convencional, un gas reductor calentado 10, que consiste principalmente en H₂ y CO hecho por reformado de gas natural, (o gas de síntesis) se alimenta a un horno vertical (HV) a través de un sistema de agitación y tobera para reducir los óxidos de hierro a hierro metalizado. Típicamente, un combustible de hidrocarburo de enriquecimiento, tal como gas natural de enriquecimiento (EnNG) 12 y O₂ 14 se inyectan en la corriente de gas reductor 10 antes de entrar en el HV. El EnNG 12 actúa como una materia prima química para la reforma in situ dentro del HV, aumentando la reducción al hacerlo más reductor. Sin embargo, este reformado in situ consume una cantidad significativa de calor, lo que reduce la temperatura del lecho y disminuye la cinética de las reacciones de reducción en el HV. La combustión del O₂ 14 inyectado con el gas reductor 10 mantiene la temperatura del gas de agitación a aproximadamente 900 grados C o más antes de entrar en el HV y compensa el calor consumido por el reformado in situ dentro del HV.

Típicamente, el O₂ 14 se inyecta en el conducto 16 utilizado a través de una sola tubería y el EnNG 12 se inyecta a través de varias tuberías dispuestas circunferencialmente. Estos tubos 12, 14 se autoenfían solo con el gas que fluye, a menos que se utilicen tubos refrigerados por agua. El O₂ 14 y el EnNG 12 se inyectan en diferentes ubicaciones a lo largo del conducto 16 para garantizar la combustión estable y segura del O₂ 14, ya que el efecto de enfriamiento del EnNG 12 puede perjudicar la combustión y/o la ignición. Una purga de gas inerte 20 está acoplada de forma fluida a la tubería de inyección de O₂ 14. Generalmente, la única tubería de inyección de O₂ 14 incorpora una o dos boquillas de inyección de O₂, mientras que la tubería de inyección de EnNG 12 está acoplada a un cabezal circunferencial 22 que incluye de cuatro a ocho orificios de inyección circunferenciales, por ejemplo.

En general, esta configuración adolece de varios problemas importantes:

- (1) hay una capacidad de reducción limitada del flujo de O₂ 14 a través de la tubería de inyección porque se debe mantener el caudal de O₂ suficiente para el autoenfriamiento y el suministro de O₂ no se puede agotar;
- (2) solo se puede usar un pequeño número de tuberías de inyección de O₂ 14 debido a esta capacidad de reducción reducida de O₂ para cada tubería y un número menor de puntos de inyección de O₂ hace que sea difícil distribuir el O₂ 14 uniformemente en la corriente de gas de agitación resultante 18;
- (3) la pared del conducto alrededor del punto de inyección de O₂ puede desarrollar un punto caliente debido al calor de radiación de la llama de O₂ a menos que la tubería de inyección de O₂ 14 se proyecte lo suficientemente lejos a través de la pared del conducto; esta proyección más larga puede causar potencialmente la flexión de la tubería de inyección de O₂ 14, lo que requeriría un reemplazo frecuente de la tubería de inyección de O₂ 14;
- (4) para resolver los problemas anteriores, se puede utilizar una tubería de inyección de O₂ enfriada por agua 14, pero esto hace que el sistema general sea más complejo y costoso, y el agua que enfría el gas de agitación 18 podría fallar; y
- (5) aunque hay una posibilidad mínima de que el O₂ 14 reaccione con el EnNG 12 ya que se inyectan en diferentes ubicaciones, mientras que el EnNG 12 permanece en su mayoría sin reaccionar y tiende a disminuir la temperatura del gas de agitación, el O₂ 14 reacciona principalmente con el H₂ y el CO en la corriente de gas reductor 10 para disminuir la cantidad de reductor y maximizar el aumento de temperatura a través de la oxidación completa.

El documento US 2002/007699 A1 describe un aparato y un procedimiento para ajustar los parámetros de una corriente de gas reductor antes de la introducción en un horno de reducción directa, incluyendo dichos parámetros la temperatura de la corriente de gas y la cantidad de hidrocarburo, monóxido de carbono e hidrógeno contenidos en el gas reductor. El aparato es situado en línea con el circuito de reciclaje de gas reductor de un horno de reducción directa, que tiene una sección de enriquecimiento que introduce componentes de hidrocarburos en la corriente principal, y un sistema de inyección de oxígeno/combustible, ubicado aguas abajo de la sección de enriquecimiento, que inyecta una corriente de envoltura de oxígeno y gas de hidrocarburo en la corriente de gas reductor. La temperatura, el contenido de monóxido de carbono y el contenido de hidrógeno del gas reductor se ajustan controlando el flujo de oxígeno y la relación de hidrocarburo a oxígeno inyectado en el sistema de inyección de oxígeno/combustible. El contenido de hidrocarburos del gas reductor se ajusta principalmente controlando el caudal de la sección de enriquecimiento.

El documento US 4 425 159 A describe la reacción de un combustible de hidrocarburo con oxígeno molecular en un quemador para producir una mezcla gaseosa que es químicamente reductora, los reactivos están rodeados en el quemador por un manto coaxial de gases de enfriamiento producidos mezclando un hidrocarburo con un gas que contiene dióxido de carbono y/o vapor de agua. Los reactivos y el gas de enfriamiento pueden mezclarse

posteriormente para formar el gas producto que puede usarse en una planta de reducción de mineral de hierro.

El documento US 2001/003930 A1 describe un procedimiento y un aparato para aumentar la productividad de un procedimiento de reducción directa en el que el óxido de hierro se reduce a hierro metalizado mediante contacto con gas reductor caliente; que comprende las etapas de: a) proporcionar un primer gas reductor caliente que consiste esencialmente en CO y H₂; b) proporcionar gas reductor adicional mediante la reacción de un combustible de hidrocarburo gaseoso o líquido con oxígeno; c) mezclar el primer gas reductor caliente con el gas reductor adicional para formar una mezcla de gases reductores; d) enriquecer la mezcla de gases reductores mediante la adición de un hidrocarburo gaseoso o líquido; e) inyectar oxígeno o aire enriquecido en oxígeno en la mezcla enriquecida; y f) introducir la mezcla enriquecida en un horno de reducción directa asociado como gas reductor.

El documento EP 2 426 223 A1 describe el soplado de aire o aire enriquecido con oxígeno en un alto horno desde una tobera, y la inyección de un gas de precalentamiento en el alto horno desde una porción de inyección de gas (A) dispuesta en una porción de pozo. La porción de inyección de gas (A) tiene un dispositivo de combustión e inyección de gas (a). En el dispositivo de combustión e inyección de gas (a), una abertura para inyectar cada uno de un gas combustible y un gas de soporte de combustión o para inyectar un gas premezclado del gas combustible y el gas de soporte de combustión de tal manera que se produce un flujo de gas de remolino en la cámara de combustión que está dispuesta en una superficie de pared interior de una cámara de combustión tubular. Un extremo de la cámara de combustión se comunica con el interior del alto horno. Se inyecta un gas de combustión del dispositivo de combustión e inyección de gas (a) como gas de precalentamiento en el alto horno.

El documento JP 2007 078239 A proporciona un horno de fusión de un dispositivo de fusión de gasificación de residuos y un procedimiento de control y un dispositivo para el mismo capaz de mejorar la inflamabilidad del horno de fusión con un material de desecho como objeto de tratamiento, encendiéndose rápidamente incluso con un gas de pirólisis de bajo poder calorífico, y realizando un tratamiento de fusión suave manteniendo una temperatura en el horno alta. Se introduce un gas de pirólisis generado por gasificación en el horno desde un quemador de gas pirolítico proporcionado en una pared del horno. Se proporciona un quemador piloto para lanzar siempre llama en el quemador de gas pirolítico. El quemador piloto está dispuesto de modo que la llama se inyecta hacia una abertura en el horno del quemador de gas pirolítico, y un ángulo formado por la dirección de inyección del quemador piloto y el eje del quemador de gas pirolítico es de 90° o menor. Un quemador de combustible auxiliar provisto en la pared del horno del horno de fusión está dispuesto para expulsar combustible auxiliar hacia la dirección tangencial de un círculo virtual formado por un flujo de remolino de gas pirolítico en el horno.

Por lo tanto, se necesita un sistema de inyección de O₂ y EnNG mejorado que resuelva estos problemas para los procedimientos de reducción directa.

RESUMEN

En varias realizaciones ejemplares, la presente descripción mejora la flexibilidad de la velocidad de flujo para una tubería de inyección de O₂ sin aplicar enfriamiento por agua. El número de puntos de inyección de O₂ aumenta, de modo que el O₂ y el EnNG se pueden distribuir de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación. Además, la presente descripción permite inyectar de forma segura O₂ muy cerca del punto de inyección de EnNG, de modo que se mejora la combustión parcial del EnNG y se reduce la temperatura del gas reductor que entra en el HV en comparación con una configuración de oxidación completa.

La presente descripción optimiza la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la combustión parcial y minimizar la deposición de C. Esto se logra mediante:

- (1) el enfriamiento de las tuberías de inyección de O₂ utilizando gas de envoltura EnNG en una configuración coaxial de inyección de EnNG/O₂;
- (2) la capacidad de reducción del caudal de O₂, o el posible flujo de O₂ cero, para cada tubería habilitada por (1) permite aumentar el número de puntos de inyección, distribuyendo así el O₂ de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación;
- (3) la tubería de inyección de diámetro más pequeño para O₂ se encuentra dentro del orificio de gas de envoltura de EnNG de gran diámetro para mantener una velocidad de gas de O₂ mucho más alta que la de EnNG, impidiendo demasiado enfriamiento por EnNG en el área de combustión de O₂ y estabilizando la combustión de O₂ incluso con la configuración de inyección coaxial de EnNG/O₂;
- (4) un orificio de ladrillo ubicado aguas arriba impide que los flujos alrededor de las ubicaciones de inyección de O₂/EnNG se perturben demasiado: la configuración de inyección coaxial de EnNG/O₂ con la combinación del orificio de ladrillo aguas arriba mejora significativamente la combustión parcial de EnNG, generando gas reductor al tiempo que se minimiza el aumento de temperatura del gas reductor; y

(5) con lo anterior, la deposición de C puede producirse alrededor de los puntos de inyección de O₂ si la cantidad de productos pesados en el EnNG es alta o si la relación de flujo de EnNG/O₂ es alta, dividiendo la inyección de EnNG en dos ubicaciones (una alrededor de la ubicación de inyección de O₂ y otra aguas abajo) optimiza la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la combustión parcial y minimizar la deposición de C.

En una realización, la presente invención proporciona un sistema de inyección de oxígeno para un procedimiento de reducción directa, que incluye: un cabezal de inyección de gas circunferencial común adaptado para acoplarse a una fuente de oxígeno y una fuente de gas natural de enriquecimiento y adaptado para suministrar oxígeno desde la fuente de oxígeno y gas natural de enriquecimiento desde la fuente de gas natural de enriquecimiento a una corriente de gas reductor que fluye a través de un conducto dispuesto axialmente dentro del cabezal de inyección de gas circunferencial común a través de una pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente para formar una corriente de gas de agitación; donde el cabezal de inyección de gas circunferencial común incluye un cabezal de inyección de oxígeno circunferencial adaptado para suministrar el oxígeno desde la fuente de oxígeno a la corriente de gas reductor a través de la pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente y un cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial adaptado para suministrar el gas natural de enriquecimiento desde la fuente de gas natural de enriquecimiento a la corriente de gas reductor a través de la pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente; y otro cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial dispuesto alrededor del conducto aguas abajo de la colector de inyección de gas y adaptado para suministrar gas natural de enriquecimiento adicional desde la fuente de gas natural de enriquecimiento a la corriente de gas reductor a través de una pluralidad adicional de puertos dispuestos circunferencialmente.

El cabezal de inyección de oxígeno circunferencial y el cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial están preferiblemente dispuestos axialmente. Opcionalmente, el cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial está dispuesto axialmente dentro del cabezal de inyección de oxígeno circunferencial. El cabezal de inyección de oxígeno circunferencial incluye preferentemente una pluralidad de tuberías dispuestas circunferencialmente adaptadas para disponerse a través del cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial y una pluralidad de boquillas dispuestas circunferencialmente acopladas a la pluralidad de tuberías dispuestas circunferencialmente adaptadas para colocarse con la pluralidad de orificios dispuestos circunferencialmente. El caudal de oxígeno a través de cada una de la pluralidad de tuberías dispuestas circunferencialmente puede ser variable. Opcionalmente, el caudal de gas de enriquecimiento a través de cada uno de la pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente es variable. El sistema de inyección de oxígeno preferentemente incluye además una purga de gas inerte acoplada a la fuente de oxígeno. El sistema de inyección de oxígeno preferentemente incluye además un orificio de ladrillo dispuesto circunferencialmente alrededor del conducto aguas arriba del cabezal de inyección de gas circunferencial común.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente descripción se ilustra y describe en esta invención con referencia a los diversos dibujos, en los que los números de referencia similares se utilizan para indicar componentes del sistema similares, según corresponda, y en los que:

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema y un procedimiento de inyección de O₂ y EnNG convencionales, que utilizan puntos de inyección de O₂ y EnNG separados;

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una realización ejemplar del sistema y procedimiento de O₂ y EnNG de la presente descripción, que utiliza puntos de inyección de O₂ y EnNG coaxiales comunes, que no está según la presente invención; y

La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra otra realización ejemplar del sistema de O₂ y EnNG de la presente descripción, que utiliza puntos de inyección de O₂ y EnNG coaxiales comunes, así como un punto de inyección de EnNG separado, que es según la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

De nuevo, en varias realizaciones ejemplares, la presente descripción mejora la flexibilidad de la velocidad de flujo para una tubería de inyección de O₂ sin aplicar enfriamiento por agua. El número de puntos de inyección de O₂ aumenta, de modo que el O₂ y el EnNG se pueden distribuir de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación. Además, la presente descripción permite inyectar de forma segura O₂ muy cerca del punto de inyección de EnNG, de modo que se mejora la combustión parcial del EnNG y se reduce la temperatura del gas reductor que entra en el HV en comparación con una configuración de oxidación completa.

La presente descripción optimiza la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la

combustión parcial y minimizar la deposición de C. Esto se logra mediante:

- (1) el enfriamiento de las tuberías de inyección de O₂ utilizando gas de envoltura EnNG en una configuración coaxial de inyección de EnNG/O₂;
- (2) la capacidad de reducción del caudal de O₂, o el posible flujo de O₂ cero, para cada tubería habilitada por (1) permite aumentar el número de puntos de inyección, distribuyendo así el O₂ de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación;
- (3) la tubería de inyección de diámetro más pequeño para O₂ se encuentra dentro del orificio de gas de envoltura de EnNG de gran diámetro para mantener una velocidad de gas de O₂ mucho más alta que la de EnNG, impidiendo demasiado enfriamiento por EnNG en el área de combustión de O₂ y estabilizando la combustión de O₂ incluso con la configuración de inyección coaxial de EnNG/O₂;
- (4) un orificio de ladrillo ubicado aguas arriba impide que los flujos alrededor de las ubicaciones de inyección de O₂/EnNG se perturben demasiado: la configuración de inyección coaxial de EnNG/O₂ con la combinación del orificio de ladrillo aguas arriba mejora significativamente la combustión parcial de EnNG, generando gas reductor al tiempo que se minimiza el aumento de temperatura del gas reductor; y
- (5) con lo anterior, la deposición de C puede producirse alrededor de los puntos de inyección de O₂ si la cantidad de productos pesados en el EnNG es alta o si la relación de flujo de EnNG/O₂ es alta, dividiendo la inyección de EnNG en dos ubicaciones (una alrededor de la ubicación de inyección de O₂ y otra aguas abajo) optimiza la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la combustión parcial y minimizar la deposición de C.

Con referencia ahora específicamente a la Figura 2, en una realización ejemplar no según la invención, el sistema de inyección común de O₂ y EnNG 100 de la presente descripción utiliza inyección coaxial de O₂ 14 y EnNG 12 en la misma ubicación, a través de un cabezal de inyección circunferencial común 24 dispuesto alrededor del conducto de gas reductor 16, formando así gas de agitación 18 que se suministra al HV. El cabezal de inyección circunferencial común 24 incluye un cabezal de inyección de O₂ circunferencial exterior 26 y un cabezal de inyección de EnNG circunferencial interior 28 que utilizan colectivamente una pluralidad de puertos de inyección de gas circunferenciales comunes 30. En esta realización ejemplar no según la invención, cada una de las tuberías de inyección de O₂ 32 está dispuesta a lo largo de un radio del cabezal de inyección circunferencial común 24 a través del cabezal de inyección de EnNG circunferencial interior 28, y colocada sobresaliendo a través de uno de los puertos de inyección de EnNG circunferenciales 30. Una purga de gas inerte 20 está acoplada al O₂ 14 como antes.

Por lo tanto, la tubería de O₂ 32 se enfría mediante el gas de envoltura de EnNG que sale de los orificios circunferenciales 30 del cabezal de EnNG 28 instalado en el conducto de gas de agitación 16. Esto permite una mayor flexibilidad y capacidad de reducción (incluido el flujo cero) del caudal de O₂ para cada tubería de inyección de O₂ 32. La flexibilidad de este flujo de O₂ permite aumentar el número de puntos de inyección de O₂ y EnNG circunferencialmente y distribuye O₂ y EnNG de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación 18. Además, proporciona la flexibilidad para detener el flujo de O₂ a algunas de las tuberías de inyección de O₂ 32 sin eliminarlas del sistema 100.

Al aplicar tuberías de inyección de O₂ de diámetro más pequeño 32 dentro del orificio de gas de envoltura de EnNG de diámetro más grande 30 para mantener una velocidad de gas más alta para el O₂ que la del EnNG, se puede lograr una combustión estable de O₂ sin verse influenciada por el efecto de enfriamiento del EnNG. Esto permite inyectar de forma segura el O₂ cerca del punto de inyección del EnNG en el conducto de gas reductor 16.

El gas de envoltura de EnNG que sale del orificio de gas de envoltura 30 protege la pared de conducto revestida de refractario alrededor de las tuberías de O₂ 32 del calor de radiación de la llama de O₂, a pesar de que la proyección de las tuberías de O₂ 32 desde la pared refractaria es mínima. Dicha proyección mínima extiende así la vida útil de las tuberías de inyección de O₂ 32.

Un orificio de ladrillo 34 o similar se dispone aguas arriba del cabezal circunferencial común 24 e impide el flujo turbulento alrededor de la ubicación de inyección de O₂/EnNG. Esta configuración de inyección coaxial de O₂/EnNG junto con el orificio de ladrillo 34 dispuesto aguas arriba mejora significativamente la combustión parcial del EnNG 12.

Con referencia ahora específicamente a la Figura 3, en otra realización ejemplar según la invención, el sistema de inyección común de O₂ y EnNG 100 de la presente descripción utiliza nuevamente la inyección coaxial de O₂ 14 y EnNG 12 en la misma ubicación, a través de un cabezal de inyección circunferencial común 24 dispuesto alrededor del conducto de gas reductor 16, formando así el gas de agitación 18 que se suministra al HV. El cabezal de inyección circunferencial común 24 incluye un cabezal de inyección de O₂ circunferencial exterior 26 y un cabezal de inyección de EnNG circunferencial interior 28 que utilizan colectivamente una pluralidad de puertos de inyección de gas circunferenciales comunes 30. En esta realización ejemplar según la invención, cada una de las tuberías de inyección

de O₂ 14 está dispuesta a lo largo de un radio del cabezal de inyección circunferencial común 24 a través del cabezal de inyección de EnNG circunferencial interior 26, con una boquilla de O₂ 32 colocada y sobresaliendo a través de uno de los puertos de inyección de EnNG circunferenciales 30. Una purga de gas inerte 20 está acoplada al O₂ 14 como antes.

5

Por lo tanto, la tubería de O₂ 14 se enfría mediante el gas de envoltura de EnNG 12 que sale de los orificios circunferenciales 30 del cabezal de EnNG 28 instalado en el conducto de gas de agitación 16. Esto permite una mayor flexibilidad y capacidad de reducción (incluido el flujo cero) del caudal de O₂ para cada tubería de inyección de O₂ 14.

10 La flexibilidad de este flujo de O₂ 14 permite aumentar el número de puntos de inyección de O₂ y EnNG de forma circunferencial y distribuye O₂ y EnNG de forma más uniforme en la corriente de gas de agitación 18. Además, proporciona la flexibilidad para detener el flujo de O₂ 14 a algunas de las tuberías de inyección de O₂ 14 sin extraerlas del sistema 100.

15 Al aplicar tuberías de inyección de O₂ de diámetro más pequeño 14 dentro del orificio de gas de envoltura de EnNG de diámetro más grande 30 para mantener una velocidad de gas más alta para el O₂ que la del EnNG, se puede lograr una combustión estable de O₂ sin verse influenciada por el efecto de enfriamiento del EnNG. Esto permite inyectar de forma segura el O₂ cerca del punto de inyección del EnNG en el conducto de gas reductor 16.

20 El gas de envoltura de EnNG 12 protege la pared del conducto revestido de refractario alrededor de la boquilla de O₂ 32 del calor de radiación de la llama de O₂, a pesar de que la proyección de la tubería de O₂ 14 desde la pared refractaria es mínima. Dicha proyección mínima extiende así la vida de la tubería de inyección de O₂ 14.

Nuevamente, un orificio de ladrillo 34 o similar se dispone aguas arriba del cabezal circunferencial común 24 e impide

25 el flujo turbulento alrededor de la ubicación de inyección de O₂/EnNG. Esta configuración de inyección coaxial de O₂/EnNG junto con el orificio de ladrillo 34 dispuesto aguas arriba mejora significativamente la combustión parcial del EnNG 12.

Aquí, un cabezal de inyección de EnNG circunferencial aguas abajo separado 36 también se acopla al suministro de EnNG 12 y se utiliza, inyectando el EnNG en la corriente de gas de agitación 18 dentro del conducto 16 a través de una pluralidad de puertos de inyección de EnNG circunferenciales separados 38. En la primera realización, con la configuración de inyección coaxial de O₂/EnNG, la deposición de C puede ocurrir alrededor de los puntos de inyección de O₂ si la cantidad de productos pesados en el EnNG es alta o si la relación de flujo de EnNG/O₂ es alta. Dividir la inyección de EnNG en dos ubicaciones (una alrededor de la ubicación de inyección de O₂ y otra en una ubicación

35 aguas abajo) permite optimizar la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la combustión parcial y minimizar la deposición de C. La relación óptima es O₂/EnNG = 0,5 ~ 1,2, o preferiblemente 0,7 ~ 1,0, sobre una base molar/volumen.

Por lo tanto, de nuevo, la presente descripción mejora la flexibilidad de la velocidad de flujo para una tubería de inyección de O₂ sin aplicar enfriamiento por agua. El número de puntos de inyección de O₂ aumenta, de modo que el O₂ y el EnNG se pueden distribuir de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación. Además, la presente descripción permite inyectar de forma segura O₂ muy cerca del punto de inyección de EnNG, de modo que se mejora la combustión parcial del EnNG y se reduce la temperatura del gas reductor que entra en el HV en comparación con una configuración de oxidación completa.

45

La presente descripción optimiza la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la combustión parcial y minimizar la deposición de C. Esto se logra mediante:

50 (1) el enfriamiento de las tuberías de inyección de O₂ utilizando gas de envoltura EnNG en una configuración coaxial de inyección de EnNG/O₂;

(2) la capacidad de reducción del caudal de O₂, o el posible flujo de O₂ cero, para cada tubería habilitada por (1) permite aumentar el número de puntos de inyección, distribuyendo así el O₂ de manera más uniforme en la corriente de gas de agitación;

55 (3) la tubería de inyección de diámetro más pequeño para O₂ se encuentra dentro del orificio de gas de envoltura de EnNG de gran diámetro para mantener una velocidad de gas de O₂ mucho más alta que la de EnNG, impidiendo demasiado enfriamiento por EnNG en el área de combustión de O₂ y estabilizando la combustión de O₂ incluso con la configuración de inyección coaxial de EnNG/O₂;

60 (4) un orificio de ladrillo ubicado aguas arriba impide que los flujos alrededor de las ubicaciones de inyección de O₂/EnNG se perturben demasiado: la configuración de inyección coaxial de EnNG/O₂ con la combinación del orificio de ladrillo aguas arriba mejora significativamente la combustión parcial de EnNG, generando gas reductor al tiempo que se minimiza el aumento de temperatura del gas reductor; y

(5) con lo anterior, la deposición de C puede producirse alrededor de los puntos de inyección de O₂ si la cantidad de productos pesados en el EnNG es alta o si la relación de flujo de EnNG/O₂ es alta, dividiendo la inyección de EnNG en dos ubicaciones (una alrededor de la ubicación de inyección de O₂ y otra aguas abajo) optimiza la relación O₂/EnNG en la ubicación de inyección de O₂ para maximizar la combustión parcial y minimizar la deposición de C.

5

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de inyección de oxígeno (100) para un procedimiento de reducción directa, que comprende:
 - 5 un cabezal de inyección de gas circunferencial común (24) adaptado para acoplarse a una fuente de oxígeno y a una fuente de gas natural de enriquecimiento y adaptado para suministrar oxígeno desde la fuente de oxígeno y gas natural de enriquecimiento desde la fuente de gas natural de enriquecimiento a una corriente de gas reductor que fluye a través de un conducto (16) dispuesto axialmente dentro del cabezal de inyección de gas circunferencial común (24) a través de una pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente (30) para formar una corriente
10 de gas de agitación (18);
donde el cabezal de inyección de gas circunferencial común (24) está formado por un cabezal de inyección de oxígeno circunferencial (26) adaptado para suministrar el oxígeno desde la fuente de oxígeno a la corriente de gas reductor a través de la pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente (30) y un cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial (28) adaptado para suministrar el gas natural de enriquecimiento
15 desde la fuente de gas natural de enriquecimiento a la corriente de gas reductor a través de la pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente (30), caracterizado porque el sistema de inyección de oxígeno (100) comprende además
otro cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial (36) dispuesto alrededor del conducto aguas abajo del cabezal de inyección de gas circunferencial común y adaptado para suministrar gas natural de
20 enriquecimiento adicional desde la fuente de gas natural de enriquecimiento a la corriente de gas reductor (18) a través de una pluralidad adicional de puertos dispuestos circunferencialmente (38).
2. El sistema de inyección de oxígeno (100) de la reivindicación 1, donde el cabezal de inyección de oxígeno circunferencial (26) y el cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial (28) están
25 dispuestos axialmente.
3. El sistema de inyección de oxígeno (100) de la reivindicación 2, donde el cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial (28) está dispuesto axialmente dentro del cabezal de inyección de oxígeno circunferencial (26).
- 30 4. El sistema de inyección de oxígeno (100) de la reivindicación 3, donde el cabezal de inyección de oxígeno circunferencial (26) comprende una pluralidad de tuberías dispuestas circunferencialmente (14) adaptadas para ser dispuestas a través del cabezal de inyección de gas natural de enriquecimiento circunferencial (28) y una pluralidad de boquillas dispuestas circunferencialmente (32) acopladas a la pluralidad de tuberías dispuestas
35 circunferencialmente (14) adaptadas para ser colocadas con la pluralidad de puertos dispuestos circunferencialmente (30).

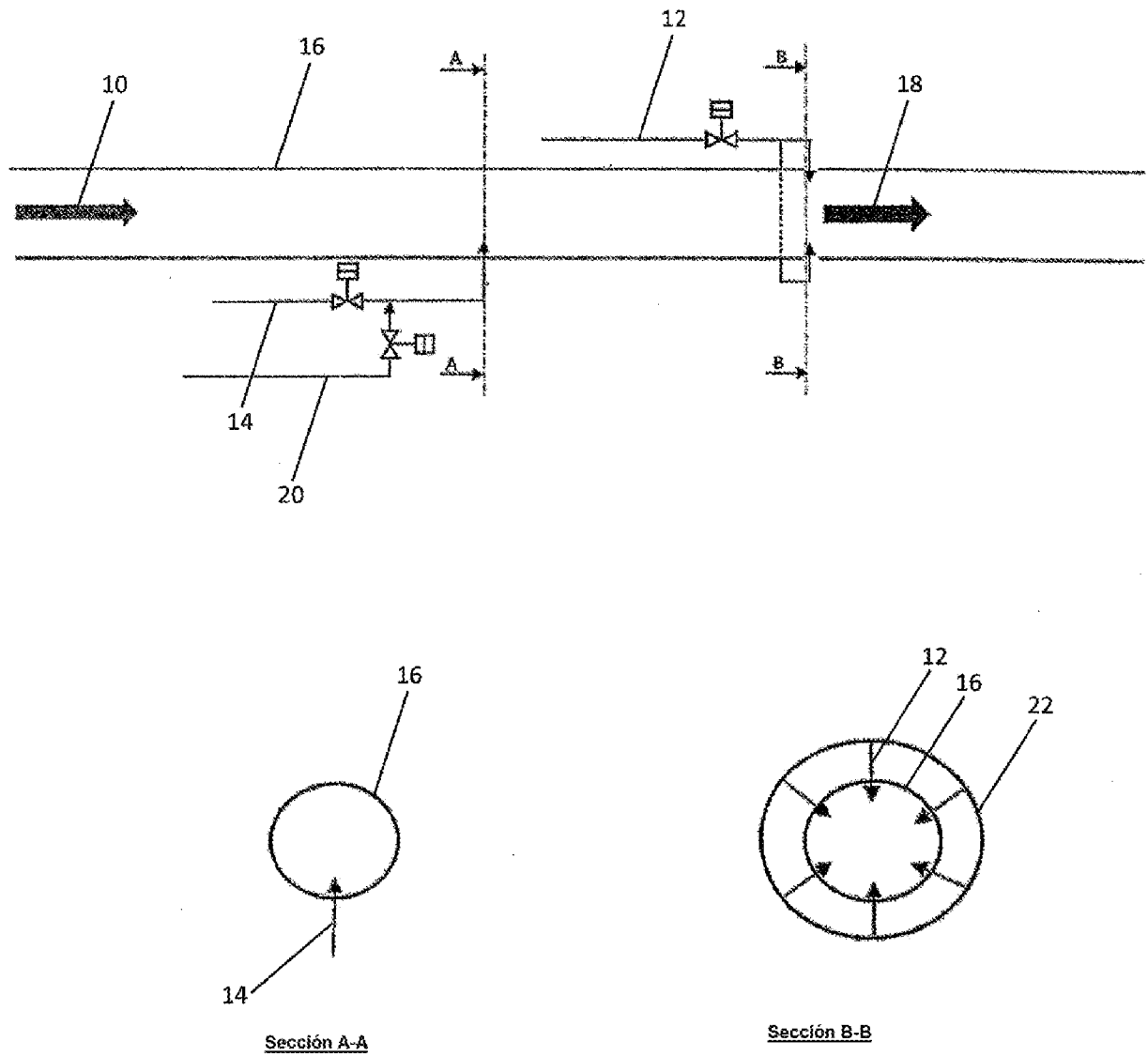


FIG. 1 (Técnica anterior)

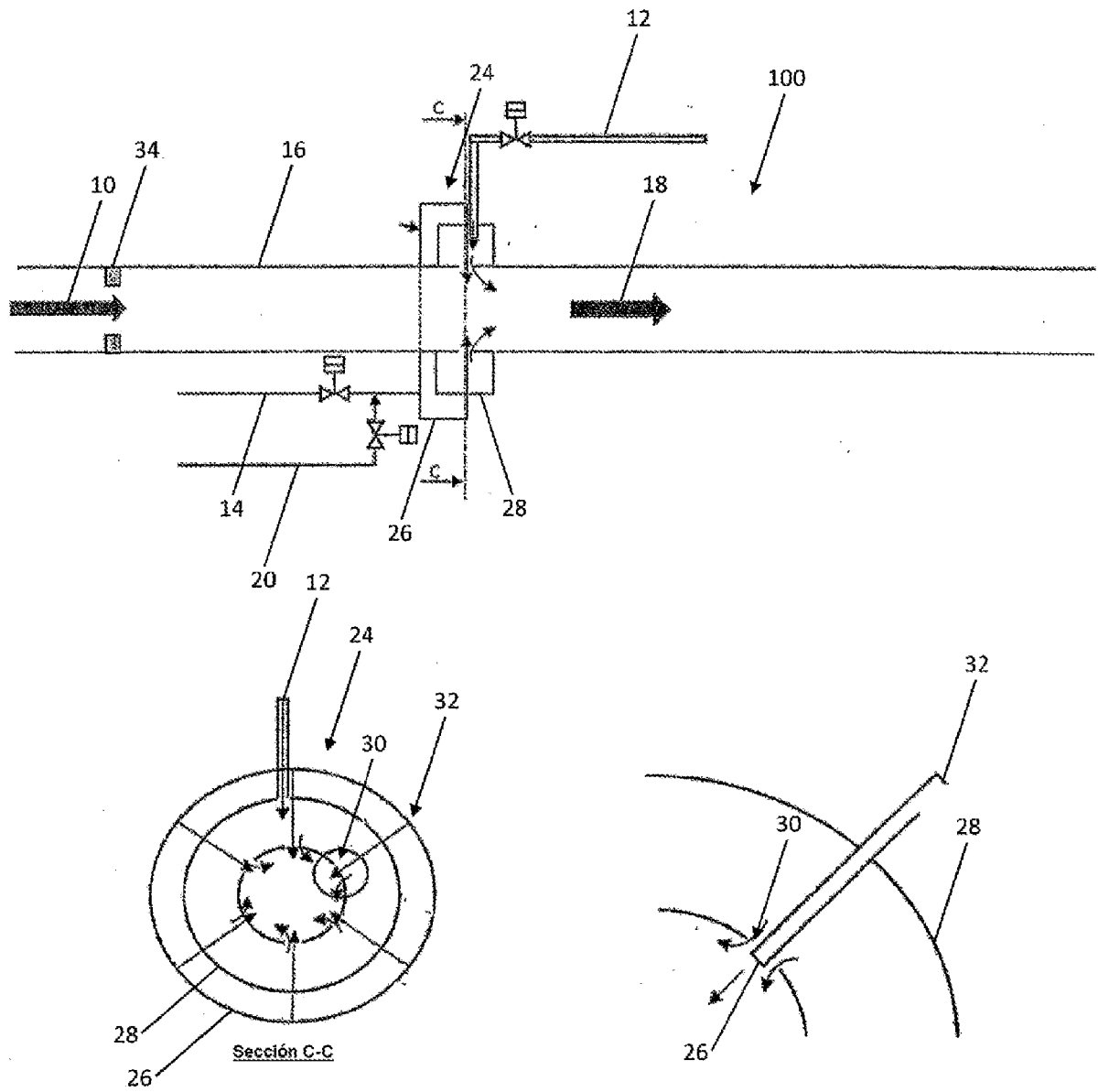


FIG. 2

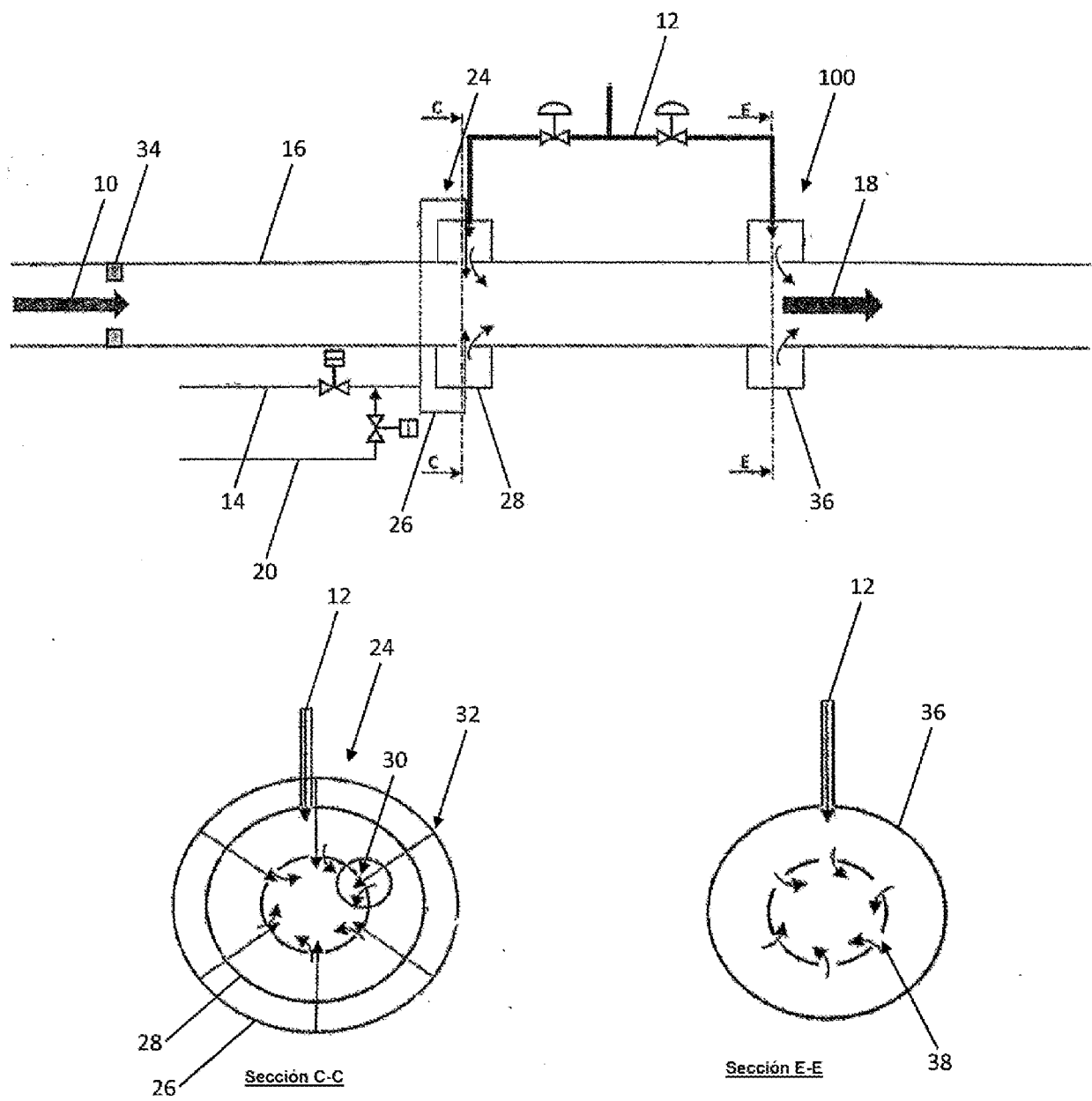


FIG. 3