

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 579**

51 Int. Cl.:

C21B 11/00 (2006.01)
C21B 5/06 (2006.01)
B01J 8/00 (2006.01)
B01J 19/02 (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01)
B01J 8/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2010** **PCT/US2010/055541**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2012** **WO12060838**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2010** **E 10859374 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017** **EP 2635714**

54 Título: **Aparato de tubo reformador que tiene un grosor variable de pared y procedimiento asociado de fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.02.2018

73 Titular/es:

MIDREX TECHNOLOGIES, INC. (50.0%)
2725 Water Ridge Parkway, Suite 100
Charlotte, North Carolina 28217, US y
METALTEK INTERNATIONAL, INC. (50.0%)

72 Inventor/es:

CROUCH, PHILIP;
GAPINSKI, GERALD;
SMICKLEY, ROBERT;
VOELKER, BRIAN W. y
WHITTEN, GILBERT Y.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 654 579 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

Aparato de tubo reformador que tiene un grosor variable de pared y procedimiento asociado de fabricación

Campo de la invención

- 5 La presente invención versa, en general, sobre un reformador que se utiliza para reformar un gas en un procedimiento de reducción directa (DR), por ejemplo. De manera más específica, la presente invención versa sobre un aparato de tubo reformador que tiene un grosor variable de pared. Opcionalmente, el aparato de tubo reformador está fabricado de una aleación metalúrgica novedosa.

Antecedentes de la invención

- 10 Se utilizan los procedimientos para crear gases reformados de diversos tipos de manera generalizada en el mundo entero, y tienen una aplicación particular en conexión con instalaciones siderúrgicas de hierro de reducción directa (DRI). En el procedimiento de DR, se utiliza el reformador de gas natural (CH_4) con los oxidantes CO_2 y H_2O de un gas reciclado de trabajo obtenido a partir de un horno de reducción, también denominado horno de cuba, por ejemplo. Los agentes reductores CO y H_2 se forman en la reacción de reformación que son utilizados, entonces, a una temperatura elevada para reducir el óxido de hierro (Fe_2O_3), es decir, mineral de hierro, a hierro metálico (Fe) en el horno de reducción. El hierro metálico es procesado subsiguientemente en diversas calidades de acero para fabricar productos finales.

- 20 Se ilustra este procedimiento de DR, en general, en la FIG. 1, e incluye tres etapas principales: reducción, reformación, y recuperación térmica. En la etapa de reducción, se introduce el óxido de hierro, con forma de microgránulos o de terrones, en la parte superior del horno 10 de reducción a través de una tolva 12 de dosificación. Según desciende el óxido de hierro a través del horno 10 de reducción por gravedad, es calentado y se elimina el oxígeno del hierro, es decir, se reduce el óxido de hierro, al hacer fluir gases contra corriente que tienen elevado contenido de los agentes reductores CO y H_2 . Estos gases reaccionan con el Fe_2O_3 en el mineral de hierro y lo convierten en hierro metálico, dejando los oxidantes CO_2 y H_2O . En consecuencia, el horno 10 de reducción tiene tres zonas diferenciadas en las que se lleva a cabo el procedimiento de DR: una zona de reducción, una zona de transición, y una zona de enfriamiento. Para la producción de DRI en frío, se enfría y se cementa el hierro metálico al hacer fluir los gases de enfriamiento contra corriente en la porción inferior del horno 10 de reducción. El DRI también puede ser descargado en caliente, y alimentado a una briqueteadora para la producción de hierro briqueteado en caliente (HBI), o alimentado en caliente, como hierro de reducción directa en caliente (HDRI), directamente a un horno de arco eléctrico (EAF), etc.

- 30 En la etapa de reformación, para maximizar la eficacia de reformación, se mezcla el gas reciclado de trabajo del horno 10 de reducción con gas natural nuevo y se alimenta al reformador 14, un horno revestido con productos refractarios, incluyendo uno o más aparatos 16 de tubo reformador rellenos de un catalizador, tal como níquel o níquel-alúmina. Se calienta el gas y es reformado según pasa a través de los aparatos 16 de tubo reformador. El gas recién reformado, que contiene un 90-92% de CO y H_2 , es alimentado, entonces, en caliente directamente al horno 10 de reducción como el gas de reducción.

En la etapa de recuperación térmica, se maximiza la eficacia térmica del reformador 14. Se recupera el calor del gas de combustión del reformador y es utilizado para precalentar la mezcla del gas alimentado al reformador, el aire de combustión del quemador, y la alimentación de gas natural. Opcionalmente, también se precalienta el gas combustible del reformador.

- 40 Dado que la presencia de oxidantes en el gas reformado dificultaría la reacción de reducción, la mezcla de gas de alimentación del reformador debe contener suficientes oxidantes para reaccionar con el gas natural, además de suficiente exceso de oxidantes para proteger el catalizador. Esto se denomina reformación estequiométrica. Normalmente la relación de agente reductor a oxidante en el gas reformado es, aproximadamente de 11 a 1. La reacción de reformación es endotérmica. Por lo tanto, se requiere la aportación de calor para la reacción. La reacción de reformación tiene lugar en presencia de un catalizador para acelerar la velocidad de reacción. Debido a que uno de los oxidantes es CO_2 , el reformador 14 debe ser operado a temperaturas mayores que las de los reformadores convencionales de vapor.

- 50 Los aparatos convencionales 16 de tubo reformador están fabricados de diversas aleaciones metalúrgicas para diseñar especificaciones que tienen como resultado una vida útil de 7-10 años a temperaturas controladas de operación. Un conjunto 16 de tubos de sustitución puede costar más de 10.000.000,00 de dólares, lo que representa un coste significativo para la empresa explotadora de una instalación siderúrgica de DRI, por ejemplo. Por lo tanto, sería ventajoso si los tubos 16 fuesen capaces de operar a niveles actuales de temperatura durante periodos de tiempo más prolongados. Asimismo, sería ventajoso si los tubos 16 fuesen capaces de operar a mayores niveles de temperatura durante el mismo periodo de tiempo. Ambas situaciones proporcionarían un aumento en la producción del reformador 14, proporcionando, de ese modo, un aumento en la producción de la instalación siderúrgica de DRI y, en última instancia, en los beneficios.

El documento FR 2 315 478 A1 divulga un horno de reformación para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos que comprenden tubos catalizadores y un colector metálico de gas de reformación unidos entre sí mediante un tubo de conexión con un diámetro relativamente pequeño soldado a un tubo catalizador en un extremo y al colector de gas en el otro extremo.

- 5 El documento US 5.958.364 A versa sobre un aparato y procedimiento de intercambio térmico y, en particular, sobre un procedimiento y un aparato en los que es probable que haya una expansión formal diferencial significativa entre los tubos que transportan un fluido de trabajo y un medio, tal como una placa de tubo, que define un límite de la zona a través de la cual pasa un medio de intercambio térmico, produciéndose un intercambio de calor con el fluido de trabajo que atraviesa los tubos.
- 10 La mayoría de tubos convencionales 16 fallan con el tiempo en su sección superior, cerca de la bóveda del reformador. Esta sección localizada se desplaza progresivamente y aumenta en diámetro, formando una "protuberancia". Esta es un área de deformación y de disminución del grosor de la pared no deseadas. Los enfoques convencionales para solucionar este problema incluyen aumentar el grosor de pared de todo el tubo 16, lo que tiene como resultado un mayor peso total, una transferencia térmica menos eficaz, problemas de soporte, y un aumento
- 15 en el estiramiento imprevisible del tubo, resultando todos en un coste adicional significativo. Se necesita una solución a este problema, pero no ha sido desarrollada por las personas con un nivel normal de dominio de la técnica.

Breve resumen de la invención

- En diversas realizaciones ejemplares, la presente invención proporciona un aparato de tubo reformador que tiene un grosor variable de pared **que comprende una sección de rebordes primario y secundario** y está fabricado de una aleación metalúrgica novedosa. Esta combinación de diseño y de material tiene como resultado una operación más prolongada a los requisitos de temperatura actual o una operación idéntica a requisitos de mayor temperatura. Solo se aumenta el grosor de la pared en secciones localizadas del aparato de tubo reformador, en las que se requiere una resistencia a la deformación. Se proporcionan transiciones a los grosores convencionales, y son
- 25 progresivas, de forma que se minimicen los esfuerzos en comparación con las juntas soldadas. Se prevé que se puedan añadir 4-6 años de vida al tubo, o que se aumenten, en consecuencia, las temperaturas del tubo, y la producción total del procedimiento de DR. La presente invención proporciona un aparato de tubo reformador, que incluye según se define en la reivindicación 1: una estructura tubular alineada axialmente; en el que la estructura tubular alineada axialmente incluye una primera porción que tiene un primer grosor de pared; en el que la estructura tubular alineada axialmente incluye una segunda porción que tiene un segundo grosor de pared; y en el que la estructura tubular alineada axialmente incluye una tercera porción que tiene un grosor de pared de transición que une la primera porción con la segunda porción. La estructura tubular alineada axialmente incluye, además, una sección de reborde, incluyendo la sección de reborde un reborde concéntrico dispuesto en torno a una porción superior de la misma. La estructura tubular alineada axialmente incluye, además, una sección superior, en la que la primera porción y la segunda porción de la estructura tubular alineada axialmente son porciones de la sección superior. La estructura tubular alineada axialmente incluye, además, una sección central. La estructura tubular alineada axialmente incluye, además, una sección inferior. La sección inferior de la estructura tubular incluye una pluralidad de estructuras concéntricas en forma de cuña dispuestas en torno al interior de la misma. La sección inferior de la estructura tubular también incluye un rebaje dispuesto en torno al exterior de la misma. La estructura tubular alineada axialmente incluye, además, una sección de reborde secundario, incluyendo la sección de reborde secundario un reborde concéntrico dispuesto en torno a una porción superior de la misma. Opcionalmente, el aparato de tubo reformador está dispuesto en el interior de un reformador utilizado en un procedimiento de reducción directa.

- En otra realización ejemplar, la presente invención proporciona un aparato de tubo reformador, que incluye: una estructura tubular alineada axialmente que incluye una sección de reborde, una sección superior, una sección central, y una sección inferior; en el que la sección superior de la estructura tubular alienada axialmente incluye una primera porción que tiene un primer grosor de pared; en el que la sección superior de la estructura tubular alineada axialmente incluye una segunda porción que tiene un segundo grosor de pared; y en el que la sección superior de la estructura tubular alineada axialmente incluye una tercera porción que tiene un grosor de pared de transición que une la primera porción con la segunda porción. La sección de reborde incluye un reborde concéntrico dispuesto en torno a una porción superior de la misma. Opcionalmente, el primer grosor de pared es mayor que el segundo grosor de pared. La sección inferior de la estructura tubular incluye una pluralidad de estructuras concéntricas en forma de cuña dispuestas en torno al interior de la misma. La sección inferior de la estructura tubular también incluye un rebaje dispuesto en torno al exterior de la misma. La estructura tubular alineada axialmente incluye, además, una
- 50 sección de reborde secundario acoplada con la sección de reborde, incluyendo la sección de reborde secundario un reborde concéntrico dispuesto en torno a una porción superior de la misma. Opcionalmente, el aparato de tubo reformador está dispuesto en el interior de un reformador utilizado en un procedimiento de reducción directa.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ilustra y describe en la presente memoria con referencia a los diversos dibujos, en los que se utilizan números similares de referencia para denotar componentes del aparato/etapas del procedimiento similares, según sea apropiado, y en los que:

- 5 la FIG. 1 es un diagrama esquemático que ilustra una realización ejemplar de un procedimiento de DR con el que se puede utilizar el aparato de tubo reformador de la presente invención;
 la FIG. 2 es un diagrama esquemático que ilustra una realización ejemplar de un reformador con el que se puede utilizar el aparato de tubo reformador de la presente invención; y
 10 la FIG. 3 es una vista lateral en sección transversal que ilustra una realización ejemplar del aparato de tubo reformador de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

- Con referencia a la FIG. 2, en el reformador 14, para maximizar la eficacia de la reformación, se mezcla un gas reciclado de trabajo procedente del horno 10 de reducción (FIG. 1) con gas natural nuevo y es alimentado como gas 18 de alimentación de reformador al reformador 14. El reformador 14 incluye un horno 20 revestido con productos refractarios que incluye uno o más aparatos 16 de tubo reformador rellenos de un catalizador 22. El material refractario 24 incluye una capa de fibra cerámica, por ejemplo. En la realización ilustrada, se ilustran dos aparatos 16 de tubo reformador; sin embargo, será inmediatamente evidente para las personas con un dominio normal de la técnica que se puede utilizar un número cualquiera de aparatos 16 de tubo reformador. En el reformador 14, se calienta y se reforma el gas 18 de alimentación del reformador según pasa a través de los aparatos 16 de tubo reformador. El gas recién reformado, que contiene un 90-92% de CO y H₂, es alimentado, entonces, en caliente directamente al horno 10 de reducción como el gas 26 de reducción.

- De nuevo, en la etapa de reducción, se introduce el óxido de hierro, en forma de microgránulos o de terrones, en la parte superior del horno 10 de reducción a través de una tolva 12 de dosificación (FIG. 1). Según desciende el óxido de hierro a través del horno 10 de reducción por gravedad, es calentado y se elimina el oxígeno del hierro, es decir, se reduce el óxido de hierro, haciendo que fluyan gases contra corriente que tienen un contenido elevado de los agentes reductores CO y H₂. Estos gases reaccionan con el Fe₂O₃ en el mineral de hierro y lo convierte en hierro metálico, dejando los oxidantes CO₂ y H₂O. En consecuencia, el horno 10 de reducción tiene tres zonas diferenciadas en las que se lleva a cabo el procedimiento de DR: una zona de reducción, una zona de transición, y una zona de enfriamiento. Para la producción de DRI en frío, se enfría y se cementa el hierro metálico haciendo que fluyan gases de enfriamiento contra corriente en la porción inferior del horno 10 de reducción. El DRI también puede ser descargado en caliente, y alimentado a una briqueteadora para la producción de HBI, o alimentado en caliente, como HDRI, directamente a un EAF, etc.

- Con referencia, de manera específica, a la FIG. 3, en una realización ejemplar de la presente invención, cada aparato 16 de tubo reformador incluye una estructura tubular 28 alineada de forma generalmente axial que incluye una pluralidad de componentes. Estos componentes incluyen una sección 30 de reborde, una sección superior 32, una sección central 34, y una sección inferior 36. Una sección 38 de reborde secundario está acoplada con la sección 30 de reborde. A continuación, se describen en la presente memoria cada uno de los componentes con mayor detalle. Según se utiliza en la presente memoria, "tubular" hace referencia a una forma en sección transversal, generalmente circular, aunque también se contemplan otras formas en sección transversal.

- La sección 30 de reborde incluye una estructura tubular 40 que tiene un diámetro interior de aproximadamente 260-300 mm, un diámetro exterior de aproximadamente 290-330 mm, con un grosor de pared de aproximadamente 12-15 mm, y una longitud total de aproximadamente 90 mm, aunque también se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. La sección 30 de reborde puede estar fabricada de una aleación de HP-MA, una aleación termorresistente que incluye Cr, Ni y Fe además de otros elementos clasificados en la familia de superaleaciones, u otro material novedoso, y las superficies de la misma son, preferentemente, chorreadas con granalla o similar para eliminar sustancias extrañas. Se dispone un reborde concéntrico 42 que sobresale hacia fuera en torno a la porción superior de la sección 30 de reborde, y tiene un diámetro exterior de aproximadamente 432 mm y un grosor de aproximadamente 16 mm.

- La sección superior 32 incluye una estructura tubular 44 que tiene un diámetro interior de aproximadamente 260-300 mm, un diámetro exterior variable, y una longitud total de aproximadamente 3500 mm, aunque se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. De manera específica, la estructura tubular 44 de la sección superior 32 incluye una porción 46 de grosor continuo que tiene un diámetro exterior de aproximadamente 290-330 mm, con un grosor de pared de aproximadamente 12-15 mm, y una longitud total de aproximadamente 2000 mm, aunque se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. La estructura tubular 44 de la sección superior 32 también incluye una porción 48 de grosor variable que tiene un diámetro exterior que se ahúsa desde aproximadamente 290-330 mm hasta aproximadamente 280-320 mm de arriba abajo, con un grosor de pared que se ahúsa desde aproximadamente 15 mm hasta aproximadamente 10 mm de arriba abajo, y una longitud total de aproximadamente 1500 mm, aunque se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. La sección superior 32 puede estar fabricada de una aleación de HV, una aleación termorresistente que incluye Cr, Ni, y Fe, además de otros elementos clasificados en la familia de

superalcaciones, u otro material novedoso, y las superficies de la misma son, preferentemente, chorreadas con granalla o similar para eliminar sustancias extrañas. Se debería hacer notar que se puede incorporar cualquier sección ahusada adecuada (y cualquier número adecuado de las mismas) en la sección superior 32, o cualquier otra sección del aparato 16 de tubo reformador, aunque se prefieren transiciones suaves de diámetro (exteriores y/o interiores) para minimizar los esfuerzos en el material. La sección superior 32 se une con la sección 30 de reborde por medio de una soldadura 50 u otro mecanismo adecuado de fijación.

La sección central 34 incluye una estructura tubular 52 que tiene un diámetro interior de aproximadamente 260-300 mm, un diámetro exterior de aproximadamente 280-320 mm, con un grosor de pared de aproximadamente 8-10 mm, y una longitud total de aproximadamente 4900 mm, aunque se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. La sección central 34 puede estar fabricada de una aleación de HP-MA, una aleación termorresistente que incluye Cr, Ni, y Fe además de otros elementos clasificados en la familia de superaleaciones, u otro material novedoso, y las superficies de la misma son, preferentemente, chorreadas con granalla o similar para eliminar sustancias extrañas. La sección central 34 está unida con la sección superior 32 por medio de una soldadura 50, estando diseñada tal soldadura 50 con un diseño apropiado de bisel de soldadura en "J" y realizada utilizando un material de aportación para soldadura de una aleación compatible, u otro mecanismo adecuado de fijación.

La sección inferior 36 incluye una estructura tubular 54 que tiene un diámetro interior de aproximadamente 260-300 mm, un diámetro exterior (que puede ser variable/ahusado) de aproximadamente 280-320 mm, con un grosor de pared (que puede ser variable/ahusado) de aproximadamente 8-10 mm, y una longitud total de aproximadamente 1060 mm, aunque se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. La sección inferior 36 puede estar fabricada de una aleación de HK-MA, una aleación termorresistente que incluye Cr, Ni y Fe además de otros elementos clasificados en la familia de superaleaciones, u otro material novedoso, y las superficies de la misma son, preferentemente, chorreadas con granalla o similar para eliminar sustancias extrañas. La sección inferior 36 está unida con la sección central 34 por medio de una soldadura 50, estando diseñada tal soldadura 50 con un diseño de bisel de soldadura en "J" o un diseño de bisel recto de soldadura en "V" apropiado y realizada utilizando un material de aportación para soldadura de una aleación compatible, u otro mecanismo adecuado de fijación. Además, una pluralidad de estructuras 56 en forma de cuña de aleación de níquel o similar está dispuesta de manera concéntrica en torno al interior y soldada al mismo de la estructura tubular 54 de la sección inferior 36 para soportar una placa interna (no ilustrada) de soporte del catalizador. Asimismo, se dispone de manera concéntrica y se fabrica un canal 58 o similar en torno al exterior de la estructura tubular 54 de la sección inferior 36 para montar un reborde inferior (no ilustrado) estanco al gas.

Finalmente, la sección 38 de reborde secundario incluye una estructura tubular 60 que tiene un diámetro interior de aproximadamente 394 mm, un diámetro exterior de aproximadamente 406 mm, con un grosor de pared de aproximadamente 6 mm, y una longitud total de aproximadamente 71 mm, aunque se pueden utilizar otras dimensiones adecuadas. La sección 38 de reborde secundario puede estar fabricada de acero al carbono u otra aleación adecuada u otro material novedoso, y las superficies de la misma son, preferentemente, chorreadas con granalla o similar para eliminar sustancias extrañas. Se dispone un reborde secundario concéntrico 62 que sobresale hacia fuera en torno a la porción superior de la sección 38 de reborde secundario, y tiene un diámetro exterior de aproximadamente 485 mm y un grosor de aproximadamente 6 mm. La sección 38 de reborde secundario se une con la sección 30 de reborde por medio de una soldadura 50, estando diseñada tal soldadura 50 con un diseño de bisel de soldadura en "J" o un diseño de bisel recto de soldadura en "V" apropiado y realizada utilizando un material de aportación para soldadura de una aleación compatible, u otro mecanismo adecuado de fijación. Se utiliza la sección 38 de reborde secundario para unir el conjunto de tubo reformador con un colector (no ilustrado) de gas reformado por medio de soldadura, por ejemplo. Por supuesto, todos los componentes del conjunto 16 de tubo reformador también pueden estar formados de manera integral. Preferentemente, se fabrican los componentes tubulares y los rebordes de aleación termorresistentes utilizando un procedimiento de fundición centrífuga.

De nuevo, en diversas realizaciones ejemplares, la presente invención proporciona un aparato 16 de tubo reformador que tiene un grosor variable de pared y está fabricado de una aleación metalúrgica novedosa. Esta combinación de este diseño y de material tiene como resultado una operación más prolongada a los requisitos de temperatura actual o una operación idéntica a requisitos de mayor temperatura. El grosor de pared solo se aumenta en secciones localizadas del aparato 16 de tubo reformador, en las que se requiere una resistencia a la deformación. Se proporcionan transiciones a grosores convencionales, y son progresivas, de forma que se minimicen los esfuerzos en comparación con las juntas soldadas. Se prevé que se puedan añadir 4-6 años de vida útil al tubo, o que se puedan aumentar, en consecuencia, las temperaturas del tubo y la producción total del procedimiento de DR.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (16) de tubo reformador, que comprende:
una estructura tubular alineada axialmente (28);
5 en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende una primera porción (46) que tiene un primer grosor de pared;
en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende una segunda porción (34) que tiene un segundo grosor de pared;
en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende una tercera porción (48) que tiene un grosor de pared de transición que une la primera porción (46) con la segunda porción (34);
10 en el que el diámetro interno del aparato (16) de tubo reformador, que incluye la primera porción (46), la segunda porción (34), y la tercera porción (48), es constante; y
en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende, además, una sección (30) de reborde primario, comprendiendo la sección (30) de reborde primario un reborde primario concéntrico (42) dispuesto en torno a una porción superior de la misma y que se extiende perpendicularmente hacia fuera desde la estructura tubular alineada axialmente (28); y
15 en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende, además, una sección (38) de reborde secundario, en el que la sección (38) de reborde secundario comprende un reborde secundario concéntrico (62) dispuesto en torno a una porción superior del reborde primario concéntrico (42) de la sección (30) de reborde primario.
- 20 2. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 1, en el que el aparato (16) de tubo reformador está fabricado de una aleación termorresistente que incluye Cr, Ni, y Fe, además de otros elementos caracterizados dentro de la familia de superaleaciones.
3. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 1, en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende, además, una sección superior (32), en el que la primera porción (46) y la tercera porción (48)
25 de la estructura tubular alineada axialmente (28) son porciones de la sección superior (32).
4. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 1, en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende, además, una sección central (34).
5. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 1, en el que la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende una sección inferior (36).
- 30 6. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 5, en el que la sección inferior (36) de la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende una pluralidad de estructuras concéntricas (56) en forma de cuña dispuestas en torno al interior de la misma.
7. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 6, en el que la sección inferior (36) de la estructura tubular alineada axialmente (28) comprende un rebaje (58) dispuesto en torno al exterior de la misma.
- 35 8. El aparato (16) de tubo reformador de la reivindicación 1, en el que el aparato (16) de tubo reformador está dispuesto en el interior de un reformador (14) utilizado en un procedimiento de reducción directa.

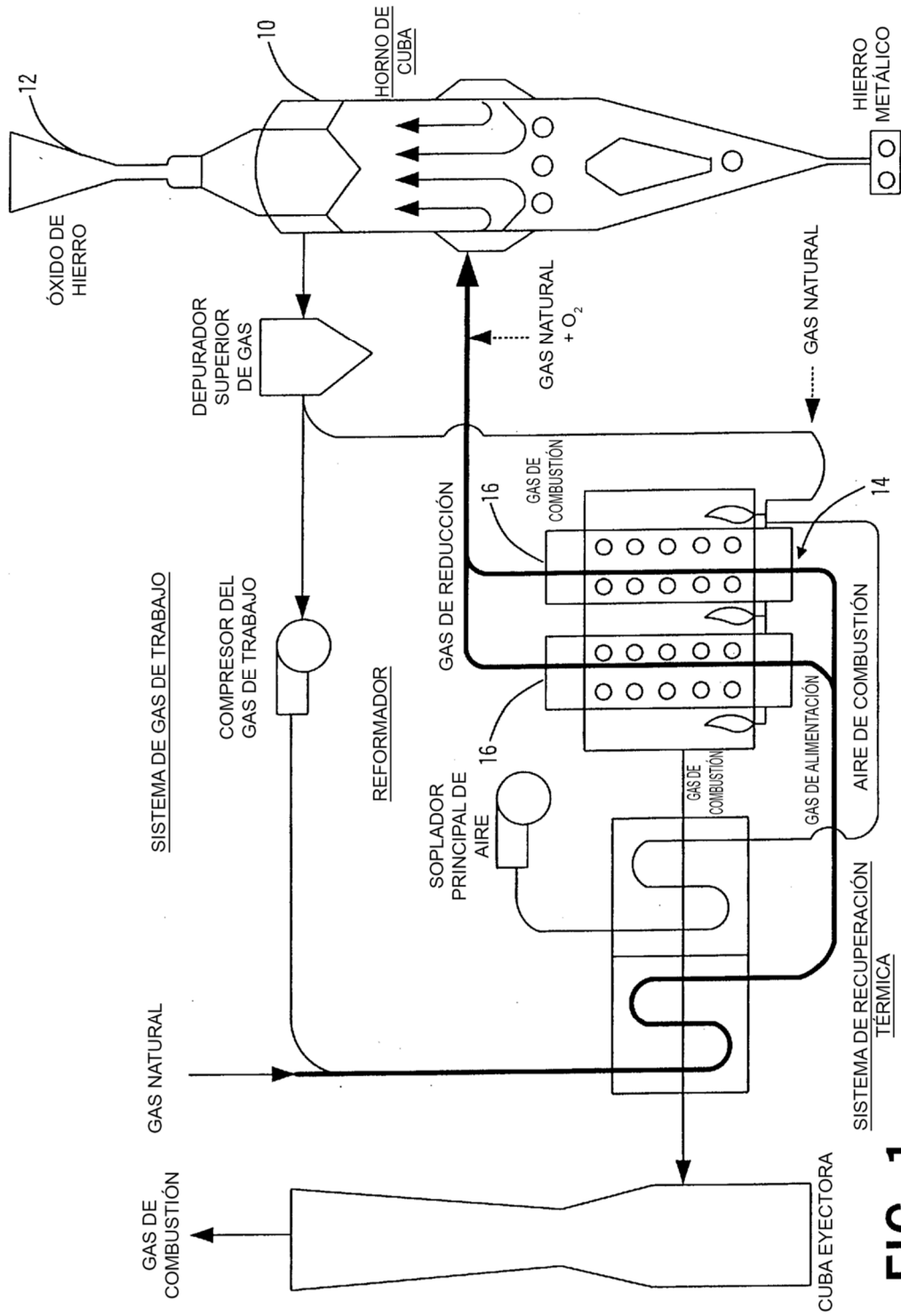


FIG. 1

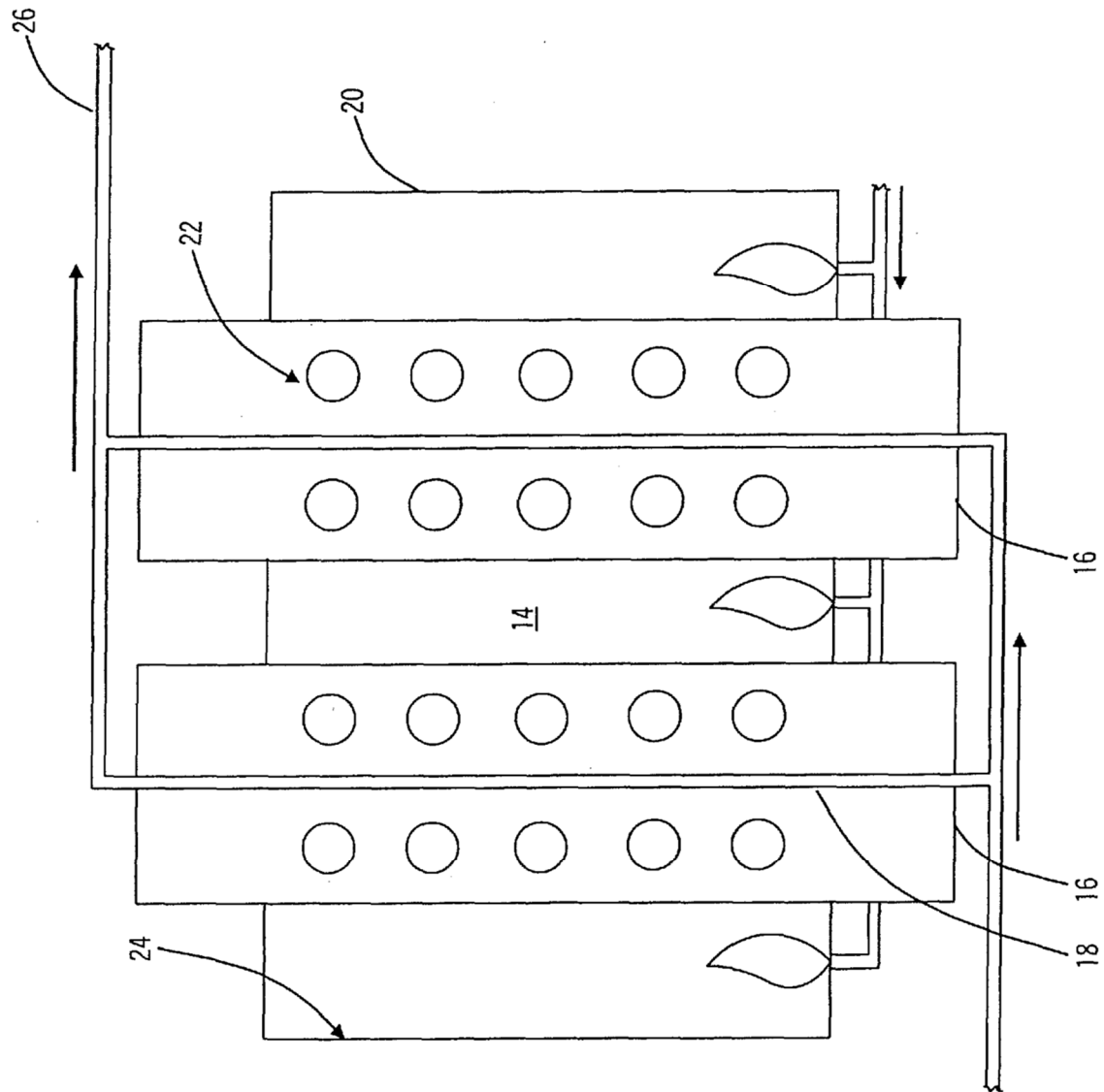


FIG. 2

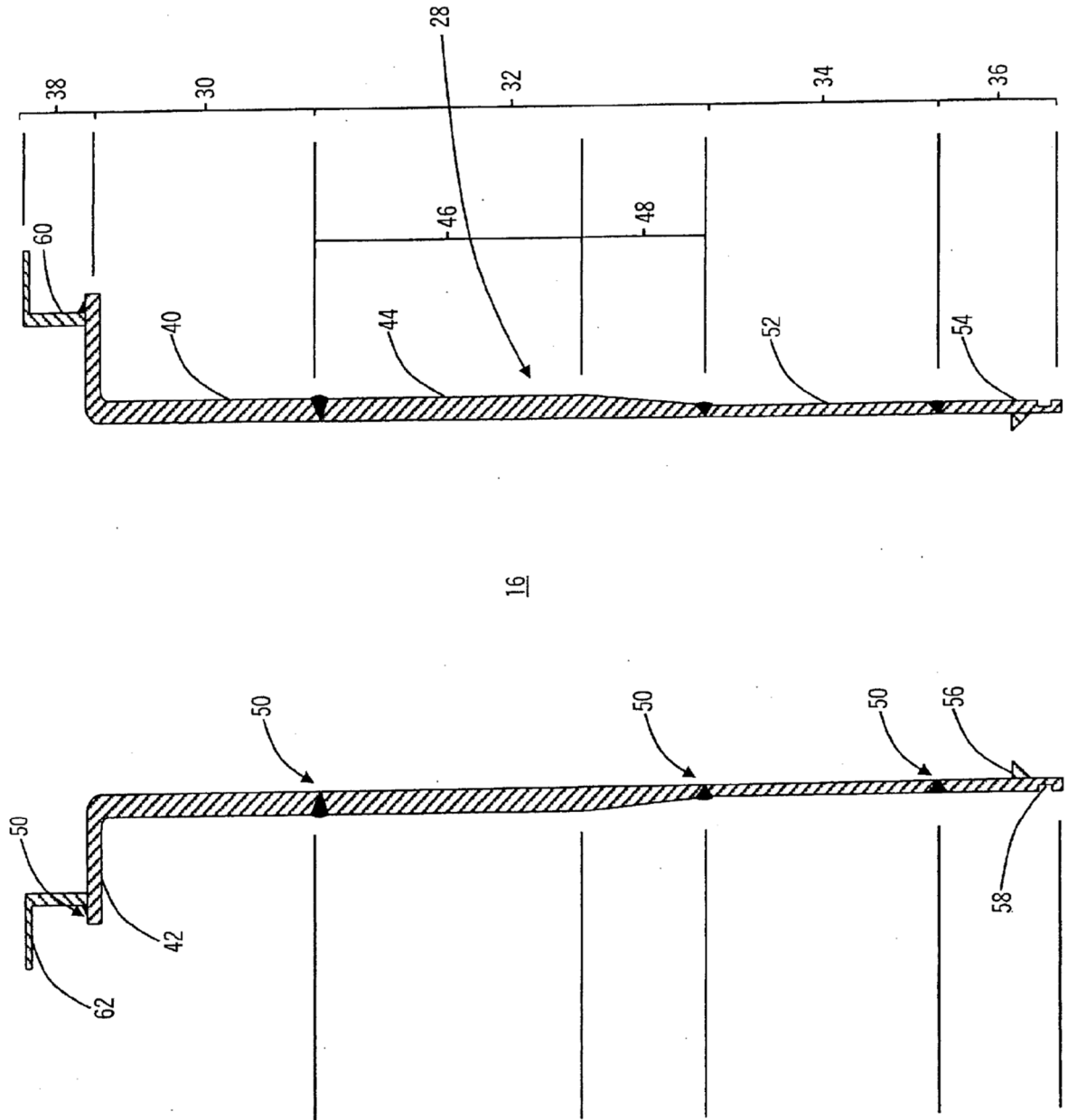


FIG. 3