

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-256691- -00005-0000

Fecha: 2015-01-29 16:36:36 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 69

Señor Director
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

Trámite : 011
Evento : 378
Actuación : 523

Referencia : Expediente No. **13.256.691**
Asunto : Solicitud de patente: **"UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE Y SU MÉTODO DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE"**
Solicitante : JGC CORPORATION
Fecha de solicitud : 29 de Octubre de 2013

1. Yo, Luz Clemencia DE PÁEZ, en mi condición de apoderada de la sociedad solicitante de la patente de la referencia, me refiero al oficio No. **11975** notificado por fijación en lista el 23 de Septiembre de 2014.

2. Mediante memorial del 18 de Diciembre de 2014 se solicitó oportunamente plazo para responder la acción oficial No. **11975**.

3. Mediante oficio No. **11975** se puso en conocimiento del solicitante el informe que contiene las observaciones hechas por su Despacho sobre la presente solicitud de patente. Las observaciones realizadas en el oficio se refieren a la presencia de reivindicaciones referentes a un uso o segundo uso, a la claridad del pliego reivindicatorio, a la claridad del capítulo descriptivo y al nivel inventivo de las reivindicaciones 1 a 4 y 8 a 11 en vista de los documentos **D1**: JP2001270706 y **D2**: US4249921.

"EXCELENCIA LEGAL EN UN MUNDO SIN FRONTERAS"

BOGOTÁ - Edificio Siski - Carrera 4 No. 72 - 35 - Tel. (57-1) 347 3611 - Fax (57-1) 211 8650 - Fax in U.S.A: (1-305) 675 7743 - COLOMBIA
MEDELLÍN - San Fernando Plaza - Carrera 43 A No. 1 - 50 - Torre Protección Oficina 852 - Tel: (57-4) 520 4760 / (57-4) 326 0789 / (57) 317 365 8663 / (57) 318 532 2365- COLOMBIA

www.cavelier.com
cavelier@cavelier.com

4. Respuesta a las objeciones

De este modo y con el objeto de atender las objeciones arriba mencionadas, se desea presentar las siguientes modificaciones, aclaraciones y argumentos:

4.1. Modificación de una solicitud en trámite

De acuerdo con el artículo 34 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, donde se establece que la modificación de una solicitud es posible en cualquier momento del trámite mientras no implique una ampliación de la solicitud inicial, me permito presentar un nuevo pliego reivindicatorio conformado por 13 reivindicaciones, junto con un nuevo capítulo descriptivo y un nuevo juego de figuras, con las modificaciones que sugirió el señor Examinador.

Se han introducido las siguientes modificaciones al capítulo reivindicatorio:

- Se modificó el pliego reivindicatorio, de tal manera que se hiciera más precisión en las características esenciales de la presente invención. En este caso particular, ahora se hace referencia a un sistema de recuperación de azufre, así mismo se especificó la temperatura a la cual se lleva a cabo la reacción de Claus.
- La expresión “unidad” ha sido remplazada por “sistema”, de acuerdo con las sugerencias del Señor Examinador.
- Asimismo, se eliminaron las expresiones: “el uso de un calentador”, “el uso de un primer condensador de azufre”, “el uso de un reactor de Claus catalítico”, “el uso de un segundo condensador de azufre”, “el uso de un separador”, “el uso de un segundo calentador”, “el uso de un segundo reactor de Claus catalítico”, “el uso de un tercer condensador de azufre”, “el uso de un cuarto condensador de azufre”. Por lo tanto, la objeción formulada a este respecto se debe tener por superada.
- Adicionalmente es importante tener en cuenta que las reivindicaciones deben incluir las características funcionales cuando para la persona versada en la materia no sea obvio el funcionamiento de los elementos característicos y la relación entre estos, tal y como lo indica el numeral 2.6.5.4 de la Guía para Examen de Solicitudes de Patente de Invención y Modelo de Utilidad.

- Se desea aclarar que el número específico de los elementos mencionados no está relacionado en lo absoluto con el concepto inventivo de la solicitud. Es requerida la presencia de uno o más de cada uno de estos elementos para que la invención cumpla con las características técnicas requeridas. Por lo tanto una limitación en cuanto al número de estos elementos dentro de la invención implicaría una limitación indebida con respecto a su alcance y facilitaría a terceros la no comisión de una infracción literal de la misma. Por último, una persona medianamente versada en la materia estará en capacidad de entender las expresiones “al menos” y “más grande” y podrá reproducir inequívocamente la invención con la información proporcionada.
- Con respecto a la claridad del método reivindicado, es evidente que cada uno presenta la secuencia de las etapas técnicas del mismo junto con las condiciones técnicas con en las que se lleva a cabo, en este caso específico, la temperatura.

Por lo anterior, las objeciones formuladas por el Examinador en cuanto a la presencia de reivindicaciones referentes a un uso o segundo uso y a la claridad y concisión del pliego reivindicatorio se ven superadas. En consecuencia, se solicita atentamente tener en cuenta este nuevo pliego reivindicatorio para el nuevo análisis de patentabilidad.

4.2. Argumentos con respecto a la falta de claridad del Capítulo Descriptivo

Como lo sugirió el señor Examinador, se procedió a realizar la conversión de unidades al Sistema Internacional en el pliego descriptivo. Así entonces, con las modificaciones realizadas al capítulo descriptivo se contribuye a mejorar la claridad y concisión de la presente solicitud de patente y por tanto las objeciones formuladas a este respecto se deben tener por superadas.

Con respecto a la inclusión de las figuras o dibujos de la materia de la invención, presento junto con el presente memorial un nuevo juego de figuras, cumpliendo así con el requisito de claridad de acuerdo con el artículo 28 de la Decisión 486.

Adicionalmente, se pone de presente a su Despacho que el concepto de claridad del capítulo descriptivo está consagrado en el artículo 28 de la Decisión 486:

Art.28.- "La descripción deberá divulgar la invención de manera suficientemente clara y completa para su comprensión y para que una persona capacitada en la materia técnica correspondiente pueda ejecutarla".

De esta manera, se encuentra redactado el pliego descriptivo de la presente solicitud y por lo tanto, es claro que la descripción de la presente solicitud de patente tal como fue originalmente presentada SI cumple con las disposiciones del artículo 28 de la Decisión 486.

Así, se considera que la descripción de la presente solicitud cumple con los requerimientos establecidos en el Artículo 28 de la Decisión 486 y que la objeción formulada por el Examinador se ve superada.

4.3. Argumentos con respecto a la falta de Nivel Inventivo

El artículo 18 de la Decisión 486 señala lo siguiente:

***"Artículo 18.-** Se considerará que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica".*

Una invención se considerará inventiva si la misma no hubiese resultado obvia a partir del arte previo para una persona del oficio normalmente versada en la materia. Esto a su vez implica que el Examinador a cargo de esta evaluación debe colocarse en el momento exacto en el que el inventor buscaba resolver el problema técnico contemplado en la solicitud y para el cual poseía la literatura y el conocimiento disponibles en dicho momento.

Siguiendo entonces los lineamientos de la Jurisprudencia aplicable al análisis del nivel inventivo de una solicitud de patente, se considera que una anterioridad o una combinación de dos anterioridades puede afectar dicho requerimiento de patentabilidad, si una persona medianamente versada en la materia encuentra enseñanzas o sugerencias

claras que, a partir de un conocimiento medio en dicho campo, le permitan llegar de manera obvia a la invención reivindicada. Adicionalmente se considera que una mejora sustancial, un efecto inesperado o una ventaja con respecto al arte previo es un indicio de nivel inventivo, por cuanto aporta un salto tecnológico en la regla técnica.

A este respecto, respetuosamente manifestamos nuestro desacuerdo con el análisis llevado a cabo por el Examinador y con las conclusiones del mismo y solicitamos atentamente la reconsideración de las razones por las cuales se objeta el nivel inventivo, con base en la siguiente información:

A continuación se presentará un resumen de cada uno de los documentos del arte previo citado y de la presente invención, y se procederá a hacer una comparación donde se identifiquen las diferencias técnicas y la ventaja con respecto a los otros documentos. La presente invención se refiere a una unidad de recuperación de azufre. Así que con el objetivo de formar dicha unidad, se necesitan una gran cantidad de aparatos, y algunos de estos aparatos son fijados a la tierra mientras que el resto son capaces de moverse con respecto a los aparatos fijados, es decir que pueden deslizarse, lo que genera que la tensión térmica pueda absorberse.

Específicamente, en la reivindicación 1, la unidad de recuperación de azufre está equipada con un horno de reacción capaz de realizar una de reacción Claus a altas temperaturas. Además, la unidad de recuperación de azufre está equipada con un primer condensador de azufre, un recalentador, un reactor catalítico de Claus, un segundo condensador de azufre, y un separador proporcionado siguiendo el horno de reacción. El horno de reacción se fija en el suelo y, a excepción del primer condensador de azufre, al menos un dispositivo seleccionado de los 4 aparatos restantes también se fija en el suelo. El resto de los aparatos que no fueron fijados al suelo son capaces de desplazarse con respecto a los dispositivos que se encuentran fijos.

En vista de los dispositivos móviles, el primer condensador de azufre, que está conectado al horno de reacción que es capaz de realizar la reacción de Claus a altas temperaturas (1000~1400°C), debe ser móvil con respecto a los aparatos fijos al suelo, y al menos un aparato seleccionado de los aparatos restantes se fija (fuera de los 15

aparatos presentados a continuación), mientras que el resto de los aparatos son móviles.

Así mismo, con respecto a la objeción realizada por el señor Examinador en la que afirma que el término "al menos" no es claro pues no permite realizar una comparación con el estado de la técnica, queda claro que al mencionar al menos un dispositivo seleccionado de 4 dispositivos (recalentador, reactor catalítico de Claus, segundo condensador de azufre y un separador). La selección corresponde a los casos 1-15 que se presentan a continuación.

- (1) Recalentador,
- (2) Reactor catalítico de Claus,
- (3) Segundo condensador de azufre,
- (4) Separador,
- (5) Recalentador y reactor catalítico de Claus,
- (6) Recalentador y segundo condensador de azufre,
- (7) Recalentador y el separador,
- (8) Reactor catalítico de Claus y segundo condensador de azufre,
- (9) Reactor catalítico de Claus y el separador,
- (10) Segundo condensador de azufre y el separador,
- (11) Recalentador, reactor catalítico de Claus, y el segundo condensador de azufre,
- (12) Recalentador, reactor catalítico de Claus y el separador,
- (13) Recalentador, segundo condensador de azufre y el separador,
- (14) Reactor catalítico de Claus, segundo condensador de azufre y el separador,
- (15) Recalentador, reactor catalítico de Claus, segundo condensador de azufre, y el separador.

Por otra parte, el documento D1 se refiere a un aparato de recuperación de azufre, donde el dispositivo que realiza la función de recalentamiento (análogo al recalentador (11) de la presente solicitud) no está equipado. En el aparato de recuperación de azufre convencional, con el objetivo de recuperar el azufre, el gas efluente de alta temperatura desde el horno de reacción, primero se enfría en el

condensador de azufre. Posteriormente, con el fin de permitir que el gas enfriado reaccione en el reactor catalítico de Claus, se requiere calentar el gas a la temperatura requerida por el recalentador.

En la invención de D1, el gas efluente de reacción del horno de reacción se enfría en el condensador de azufre, con el fin de permitir que el gas enfriado pueda realizar la reacción catalítica de Claus posteriormente, D1 se basó en otro gas a alta temperatura generado a partir del horno de reacción de tal manera que los gases de alta temperatura se mezclan con el gas enfriado para recalentar el gas enfriado. En otras palabras, a diferencia del proceso de la presente invención, **D1 no utiliza un recalentador para calentar el gas enfriado.**

Así mismo, la invención de D2 simplemente da a conocer un único condensador de azufre, que es uno de los componentes o dispositivo del aparato de recuperación de azufre. Este documento da a conocer la unidad de intercambio de calor y la unidad de separación de azufre situada en el interior del condensador. El condensador de azufre preferido solo, puede ser proporcionado en la etapa siguiente del horno de reacción catalítica de Claus.

Así que considerando los argumentos previamente mencionados, la presente invención se dirige a toda la unidad de recuperación de azufre, y la formación de la unidad incluye todos los dispositivos señalados. Algunos de los dispositivos se fijan al suelo y el resto de los dispositivos son móviles. Esto permite ver con claridad la ventaja con respecto a la técnica anterior, toda vez que el hecho de tener aparatos que sean capaces de moverse con respecto a los que se encuentran fijados al piso, permite que la expansión térmica y contracción térmica causada por el estrés térmico entre los aparatos puedan ser absorbidas debido al movimiento de los aparatos. Por lo tanto, no se requiere tener aparatos de absorción del estrés térmico como bucle de expansión en la invención reivindicada.

A pesar que D1 también se dirige a un aparato de recuperación de azufre similar a la unidad de recuperación de azufre que se reclama en la presente invención, éste no abarca el recalentador obligatorio, como es reclamado en la reivindicación 1 de la presente invención. En contraste, D1 utiliza un gas a alta temperatura del horno de

reacción de alta temperatura para calentar el gas enfriado, que es fundamentalmente diferente de la invención reivindicada.

De hecho, una persona versada en la materia con la intención de obtener la materia objeto de protección de la presente solicitud, no se vería motivada a usar las enseñanzas de D1 toda vez que como se ha introducido el gas del horno, no se requiere ningún recalentador en D1. Como resultado, el número de aparatos se puede disminuir y la energía térmica puede ser salvada. D1 enseña que no requiere un recalentador y que no es necesario para alcanzar el objetivo de aliviar el bucle de expansión como se muestra en la presente invención.

Por su parte, D2 sólo se refiere a uno de los aparatos de la unidad de recuperación de azufre (condensador de azufre), y el problema técnico solucionado en D2 es diferente de la invención reivindicada. Al igual que D1, dicha unidad no puede aliviar el bucle de expansión, como si sucede en la presente invención. De tal manera que, es claro que los documentos citados D1 y D2 por sí solos o combinados no enseñan como un todo las características técnicas esenciales de la invención objeto de protección en la presente solicitud de patente, tal como se encuentran ahora recitadas en el nuevo pliego reivindicatorio. Además, vale la pena resaltar que las diferencias arriba señaladas entre la presente invención y los documentos citados son las que precisamente permiten solucionar el problema técnico acá planteado, que consiste en la necesidad de proporcionar métodos y sistemas útiles para la recuperación de azufre a partir de gas con contenido de sulfuro de hidrógeno de manera que se evite la deformación excesiva de las tuberías y dispositivos que conforman el sistema por tensiones térmicas debido a que el gas de reacción tiene alta temperatura.

Así, en los argumentos arriba presentados se pueden identificar claramente un indicio de presencia de nivel inventivo de acuerdo con el numeral 2.13.5.3.1 de la "GUÍA PARA EXAMEN DE SOLICITUDES DE PATENTE DE INVENCION Y MODELO DE UTILIDAD" de su despacho:

- Superación de dificultades no resueltas por las técnicas rutinarias, ya que es evidente que con la unidad de recuperación de azufre de la presente invención es

posible aliviar el bucle de expansión que generalmente se formaba, gracias a la disposición de los aparatos, algunos fijos y otros móviles.

Por lo tanto, se le debe otorgar una compensación a mi representada que demuestra nuevos hechos (efectos inesperados) a las enseñanzas descritas en el estado de la técnica y que contribuyen con el desarrollo de la tecnología.

En consecuencia, un técnico con conocimientos medios en la materia no estaba en condiciones de plantearse el problema, tampoco de resolverlo en la forma en que se reivindica y tampoco de prever el resultado, por lo que la presente solicitud posee la altura inventiva para que se le conceda el privilegio solicitado.

4.4 Concesión de Solicitudes equivalentes

Si bien entendemos y aceptamos que cada país es autónomo en la concesión o negación de los privilegios de patente, queremos resaltar el hecho que el análisis de los requisitos para el otorgamiento de esos derechos es prácticamente universal. La presente invención fue concedida por la Oficina de Patentes de Estados Unidos, patente No. US 8,778,297.

A este respecto, deseamos poner de presente que si bien cada país es autónomo de conceder o negar una solicitud luego de la realización del estudio de fondo, es claro que el hecho de que la novedad y el nivel inventivo de una invención hayan sido reconocidos por varias oficinas a nivel mundial, es un indicio de la patentabilidad de la misma toda vez que (i) el estudio de novedad y nivel inventivo en todas las Oficinas de Patentes del mundo es realizado por personas con conocimientos técnicos en el área de interés que son consideradas personas idóneas para emitir conceptos sobre la patentabilidad de una invención y que (ii) los resultados de los exámenes de novedad o de patentabilidad efectuados respecto a solicitudes extranjeras pueden ser reconocidos como suficientes para acreditar el cumplimiento de las condiciones de patentabilidad de la invención, tal como se señala en el artículo 46 de la Decisión 486:

“Artículo 46.- La oficina nacional competente podrá requerir el informe de expertos o de organismos científicos o tecnológicos que se consideren idóneos, para que emitan

opinión sobre la patentabilidad de la invención. Asimismo, cuando lo estime conveniente, podrá requerir informes de otras oficinas de propiedad industrial.

De ser necesario, a efectos del examen de patentabilidad y a requerimiento de la oficina nacional competente, el solicitante proporcionará, en un plazo que no excederá de 3 meses, uno o más de los siguientes documentos relativos a una o más de las solicitudes extranjeras referidas total o parcialmente a la misma invención que se examina:

a) copia de la solicitud extranjera;

b) copia de los resultados de exámenes de novedad o de patentabilidad efectuados respecto a esa solicitud extranjera;

(...)

*La oficina nacional competente podrá **reconocer los resultados de los exámenes referidos en el literal b) como suficientes para acreditar el cumplimiento de las condiciones de patentabilidad de la invención***” (Negrilla fuera del texto).

4.5 Conclusión

Por todo lo anterior, el documento D1, el documento D2, o su combinación, no resultan anterioridades válidas capaces de afectar el nivel inventivo de la invención de la presente solicitud.

Por lo tanto, consideramos que el Examinador está pasando por alto que una sola diferencia con respecto al estado de la técnica, permite concluir que el objeto reivindicado es nuevo. Además, está excluyendo el hecho de que el inventor en el momento de solucionar el problema técnico de la solicitud tuvo que emplear habilidad inventiva, pues la presente invención no resulta de la mera extrapolación de las enseñanzas del arte previo, como se afirma. Se está desconociendo el mérito investigativo empleado y que está aportando una ventaja al arte previo.

5. Puesto que se ha dado respuesta a todas las objeciones formuladas por el Examinador, se solicita atentamente proceder al otorgamiento de la solicitud de patente. En este sentido, respetuosamente recordamos al Examinador que la patente no podrá ser negada con base en objeciones diferentes a las expuestas en la acción oficial No. 11975, toda vez que al no haber sido trasladadas a mi representada, dicha decisión violaría tanto el tenor literal del artículo 45 de la Decisión 486 como el derecho constitucional al debido

proceso. En este evento, y con base en el inciso 2 del artículo 45, respetuosamente solicitamos al Examinador expedir una nueva acción oficial que permita a mi representada contra argumentar las mismas o modificar la solicitud con el fin de cumplir los requisitos de patentabilidad.

6. Anexos

- Nuevo pliego reivindicatorio conformado por 13 reivindicaciones.
- Nuevo capítulo descriptivo.
- Nuevo juego de figuras.
- Patente No. US 8,778,297.

Señor Director,


LUZ CLEMENCIA DE PÁEZ

C.C. 35.456.344 de Usaquén

T.P.A. No. 23.555

COLO-20535-0841-001-2
CPT\CPT\ID-277002\WPC20535
No. M-2015-277002\CPT

UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE Y SU MÉTODO DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE

REFERENCIA A LAS SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud es un 371 de la solicitud internacional de la solicitud PCT N° PCT/JP2012/059016, presentada en abril 2 de 2012, la cual reivindica prioridad de la solicitud Japonesa N° 2011-080338, presentada en marzo 31 de 2012. Cada una de las solicitudes de patente arriba mencionadas, han sido enteramente incorporadas por referencia y se han vuelto parte de esta descripción.

CAMPO

[0001] La presente invención se refiere a una unidad de recuperación de azufre y a un método de recuperación de azufre para la recuperación de azufre elemental a partir de gas con contenido de sulfuro de hidrógeno, los cuales resultan ser idóneos para su uso en una planta de gas que trata continuamente grandes cantidades de gas, tales como gas natural, gas con contenido de sulfuro de hidrógeno con el fin de producir gas purificado.

ANTECEDENTES

[0002] El gas natural producido en los pozos de gas natural contienen compuestos de azufre tales como sulfuro de hidrógeno, otros sulfuros y tiofeno. El petróleo crudo presente en los pozos de petróleo también contiene compuestos de azufre. El hidrocrackeo de petróleo crudo produce sulfuro de hidrógeno, conjuntamente con gases ligeros. Dado que los compuestos de azufre se convierten en anti catalizadores durante los procesos de reacción y en óxidos de azufre (SOx) al ser quemados, por lo general los componentes de azufre son separados y recuperados sin ser descargados directamente. Dado que los pozos de gas natural con bajo contenido de compuestos de azufre han sido explotados activamente primero, el gas natural producido en la actualidad proveniente de los pozos de gas natural restantes posee

concentraciones de compuestos de azufre equivalentes al 40% del peso.

[0003] Por lo tanto, tanto las plantas de gas como las refinerías de petróleo cuentan con unidades de recuperación de azufre (denominadas de ahora en lo sucesivo como "SRU", por sus siglas en inglés), que absorben y separan al sulfuro de hidrógeno del gas natural con alto contenido de hidrógeno sulfúrico, o provenientes del gas ligero y recuperan azufre elemental. Las SRU recientes han crecido en tamaño para ajustarse al aumento en las concentraciones de compuestos de azufre.

[0004] Las SRU incluyen una caldera de reacción configurada para llevar a cabo una reacción de Claus a alta temperatura. En este sentido, la reacción de Claus a alta temperatura consiste en hacer reaccionar sulfuro de hidrógeno con oxígeno presente en el aire a altas temperaturas con el fin de obtener azufre elemental (S_2) y agua (H_2O) del sulfuro de hidrógeno (H_2S). La reacción de Claus a alta temperatura se lleva a cabo en una temperatura superior a los 850 °C.

[0005] La caldera de reacción también sirve de caldera calentadora de desperdicios (WHB) con el fin de utilizar efectivamente el calor de reacción generado por la reacción de Claus. En una WHB, el gas de reacción queda sometido al enfriamiento primario, y el calor es recuperado en forma de vapor de alta presión. Dado que el gas de reacción contiene restos de compuestos de azufre tales como sulfuro de hidrógeno y óxidos sulfúricos, la SRU cuenta adicionalmente con un reactor configurado para calentar el gas de reacción, el cual ha sido sometido al enfriamiento primario, con vapor a baja presión para inducir una reacción de Claus catalítica y convertir el sulfuro de hidrógeno sin reaccionar en azufre elemental. El azufre presente en el gas reaccionado en la caldera de reacción o en el reactor se enfría hasta aproximadamente 140 °C, y se recupera en forma de azufre líquido. Un proceso SRU se revela, por ejemplo, en la Literatura de Patente N° 1.

[0006] Dado que el gas de reacción tiene una alta temperatura tal como se expuso anteriormente, tanto las tuberías como los dispositivos que constituyen a la SRU se expanden debido al calor a medida que la temperatura aumenta. Sin embargo, dado que su desplazamiento queda limitado, se generan tensiones térmicas. En consecuencia, se han considerado medidas en contra de la expansión térmica en

tuberías y dispositivos que conforman la SRU, como por ejemplo aumentar la fortaleza de las porciones periféricas de las boquillas de los dispositivos, de forma tal que estas cuenten con la fortaleza suficiente ante estas tensiones térmicas generadas en la sección de la boquilla, o en su defecto instalar estructuras de tubería que absorban la expansión o contracción térmica con el fin de reducir las tensiones térmicas generadas tanto en la tubería como en la sección de la boquilla. Dichas estructuras de tubería son instaladas en el medio de las tuberías y dobladas en forma de anillo de tal forma que absorba la expansión o contracción generada por la diferencia de temperatura, y por lo tanto se denominan “liras de expansión”.

[0007] En el caso de la FIG. 1 encontramos un diagrama que ilustra un ejemplo de una SRU convencional. La SRU de la FIG. 1 incluye una caldera de reacción 1010 para la mezcla e incineración del sulfuro de hidrógeno (H_2S) y aire, para llevar a cabo una reacción de Claus a alta temperatura, un condensador 1020 que enfría al gas de reacción, y una tubería 1030 que conecta la caldera de reacción 1010 con el condensador 1020. La tubería 1030 incluye una lira de expansión 1040. La caldera de reacción 1010, el condensador 1020, y la tubería 1030 se expanden térmicamente al momento de calentarse a altas temperaturas, y en consecuencia se generan tensiones térmicas. La deformación causada por la expansión térmica se absorbe por la deformación elástica de la lira de expansión 1040 de la tubería 1030 entre la caldera de reacción 1010 y el condensador 1020. Esto disminuye las tensiones térmicas aplicadas a las boquillas de los dispositivos. Con el fin de evitar una deformación excesiva debido a tensiones térmicas, tanto las boquillas de la caldera de reacción 1010 como el condensador 1020 han sido diseñados para tener un espesor y fuerza suficiente para soportar las tensiones térmicas. Con el fin de asegurarse una deformación suficiente en una dirección de la expansión o contracción térmica, la lira de expansión queda dispuesta en una dirección ortogonal a la dirección de expansión o contracción térmica. En la FIG. 1, se presenta solamente una lira de expansión. No obstante, es deseable proveer dos o más liras de expansión en aquellos casos en los que se espera que el desplazamiento causado por la expansión o contracción térmica de la tubería sea mayor.

Lista de referencias

Literatura de patentes

[0008] Literatura de Patentes No. 1: Publicación de Patente Abierta del Japón No. 2007-526205.

RESUMEN

Problema Técnico

[0009] En el caso de materiales de acero, tanto la expansión como la contracción térmica pueden ser determinadas teóricamente a partir de los coeficientes de expansión térmica y la diferencia en la temperatura. En teoría, los dispositivos y la tubería se expanden durante la operación en aquellos casos en los que aumenta la temperatura, y regresan a sus posiciones originales al discontinuarse la operación y al disminuir la temperatura. No obstante, en la práctica, los asientos del dispositivo deslizante y los puntos de soporte de la tubería no siempre regresan a su sitio original. Esto se debe a que la temperatura del sistema de tubería no necesariamente aumenta ni disminuye uniformemente, ni a una tasa en particular. Adicionalmente la “relajación de la tensión” ocurre cuando cualquier tubería se haya deformado durante la operación y absorbido su elongación térmica, causando que tanto los asientos como los puntos de soporte no regresen a sus posiciones originales.

[0010] En aquellos casos en los que los dispositivos y la tubería no regresan a sus posiciones originales, cambian las posiciones de los dispositivos y la tubería en consecuencia de la reiterada expansión y contracción térmica, resultando en la inestabilidad del comportamiento del sistema. En consecuencia, podría actuar una carga no esperada en las boquillas de los dispositivos y puntos de soporte de la tubería. Para resolver esto, se proveen puntos de anclaje y guías de soporte en la caldera de reacción 1010 y los dispositivos y las tuberías corriente abajo de la caldera de reacción 1010 de tal forma que se establezca el comportamiento del sistema desde la caldera de reacción al punto de anclaje. Paso seguido, se requieren medidas para absorber la expansión térmica que ocurre en la línea desde la caldera de reacción 1010 al punto de anclaje corriente abajo de la caldera de reacción.

[0011] En una SRU convencional, se fijan en su lugar los dispositivos que la

constituyen, y la deformación causada por la expansión térmica queda absorbida por los dispositivos entre tuberías. Por lo tanto, se han provisto liras de expansión y la forma de las tuberías se ramifica con el fin de mejorar la flexibilidad. En años recientes, el tamaño de las plantas SRU ha aumentado, proporcional a la cantidad procesada de gas de sulfuro de hidrógeno a, por ejemplo, 4.000 toneladas/día. En dicha planta, se utiliza una tubería de 2.032 metros. Con el propósito de lograr una función de absorción a una tubería de 2.032 metros, se hace necesaria una lira de expansión de 12 metros x 8 metros, además de un área para instalar toda la unidad. Esta lira de expansión aumenta la cantidad de materiales necesarios para la tubería, así como su longitud, con lo cual se aumenta el tamaño de la planta SRU y por ende los costos.

[0012] Un objeto de un aspecto de la presente invención es el de reducir la cantidad las liras de expansión para la absorción de la expansión y la contracción térmica e igualmente reducir el tamaño del diseño en general.

Solución al problema

[0013] Las modalidades que resuelven el precitado objeto son las siguientes:

[0014] 1. Una unidad de recuperación de azufre que incluye:

una caldera de reacción configurada para llevar a cabo una reacción de Claus a alta temperatura entre gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y gas con contenido de oxígeno introducidos a la caldera de reacción;

un primer condensador de azufre configurado para enfriar el gas de reacción descargado de la caldera de reacción y condensar el azufre contenido en el gas de reacción;

un calentador configurado para recalentar el gas condensado descargado del primer condensador de azufre;

un reactor de Claus catalítico configurado para llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado del calentador;

un segundo condensador de azufre configurado para enfriar el gas de reacción descargado del reactor de Claus catalítico y condensar el azufre contenido en el gas de reacción; y

un separador que permite que las gotas de azufre que acompañan el gas de reacción descargado del segundo condensador de azufre choquen entre sí y elimina las gotas que se hacen más grande de ese modo,

en donde la caldera de reacción y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador, el reactor Claus catalítico, el segundo condensador de azufre, y el separador están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica. La unidad de recuperación de azufre es para reducir el número de etapas de expansión para absorber la expansión y contracción térmica y reducir el tamaño del diseño.

[0015] 2. La unidad de recuperación de azufre conforme al punto 1, que incluye además:

un segundo calentador configurado para recalentar el gas condensado descargado del segundo condensador de azufre;

un segundo reactor de Claus catalítico configurado para llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado desde el segundo calentador; y

un tercer condensador de azufre configurado para enfriar el gas de reacción descargado del reactor de Claus catalítico y condensar el azufre contenido en el gas de reacción,

en donde la caldera de reacción y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador, el segundo calentador, el reactor de Claus catalítico, el segundo reactor de Claus catalítico, el segundo y tercer condensador de azufre, y el separador están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

[0016] 3. La unidad de recuperación de azufre conforme al punto 2, que incluye además:

un tercer calentador configurado para recalentar el gas condensado descargado del tercer condensador de azufre;

un tercer reactor de Claus catalítico configurado para llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado del tercer calentador; y

un cuarto condensador de azufre configurado para enfriar el gas de reacción descargado del reactor de Claus catalítico y condensar el azufre contenido en el gas de reacción,

en donde la caldera de reacción y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador, el segundo y tercer calentador, el reactor de Claus catalítico, el segundo y tercer reactor de Claus catalítico, el segundo al cuarto condensador de azufre, y el separador están fijados al suelo; y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

[0017] 4. La unidad de recuperación de azufre de acuerdo con cualquiera de los puntos 1 al 3, que incluye además un tubo que conecta la caldera de reacción al condensador de azufre, tubo que tiene la forma de la letra "U", de tal manera que no se limita la expansión o contracción térmica. Debido a que el tubo tiene la forma de la letra "U", la expansión o contracción térmica en sentido hacia el extremo frontal de la letra "U" no está restringida, y no se producen tensiones térmicas en el tubo como resultado de la expansión o contracción térmica en sentido hacia el extremo frontal, y se reducen las tensiones térmicas que aparecen sobre el tubo.

[0018] 5. La unidad de recuperación de azufre conforme a cualquiera de los Puntos del 1 al 4, que incluye además:

una sección de base fijada al suelo,
en donde el condensador de azufre queda dispuesto en la sección de base de tal forma que pueda moverse, y

la sección de base posee un miembro anti resbalante que limita los movimientos del condensador de azufre. Adicionalmente, los dispositivos o tubos cuyos movimientos son restringidos por el miembro anti resbalante quedan sometidos a la expansión térmica, pero la expansión térmica es absorbida por la relajación de tensión. En consecuencia, incluso en aquellos casos en los que la expansión y contracción térmica son limitadas por los miembros anti resbalantes, la magnitud de las tensiones térmicas generadas en las tuberías es pequeña, la fuerza (carga) generada en el sistema de tubería es redistribuida, y no ocurren tensiones térmicas excesivamente grandes en la boquilla ni en el sistema de tubería.

[0019] 6. La unidad de recuperación de azufre conforme a cualquiera de los Puntos del 1 al 5, en donde el calentador calienta el gas de reacción descargado del condensador de azufre y está dispuesto sobre el condensador de azufre de tal forma que pueda moverse en relación al condensador de azufre, y

el calentador incluye un elemento de soporte que sirve de apoyo al calentador y permite que este se desplace en una dirección vertical. Se aplica una fuerza ascendente al elemento de soporte del calentador. Debido a que el elemento de soporte permite desplazamientos del tubo en dirección perpendicular, el calentador está dispuesto de tal manera que pueda moverse en dirección perpendicular con respecto al condensador de azufre, se reduce una fuerza de restricción en la dirección de los movimientos causados por la expansión térmica, se puede disminuir el número de veces de expansión entre los dispositivos móviles, y se puede reducir aún más el tamaño del diseño.

[0020] 7. La unidad de recuperación de azufre conforme a cualquiera de los Puntos del 1 al 6, en donde el calentador, el reactor de Claus catalítico, y el segundo condensador de azufre están dispuestos de tal forma que puedan moverse y el separador está fijo en un lugar relativo a una dirección horizontal.

[0021] 8. Un método de recuperación de azufre para recuperar azufre a partir de un gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y gas con contenido de oxígeno, método que incluye:

introducir el gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y el gas con contenido

de oxígeno en una caldera de reacción y llevar a cabo una reacción de Claus a alta temperatura entre el gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y el gas con contenido de oxígeno;

enfriar el gas de reacción descargado de la caldera de reacción para condensar el azufre contenido en el gas de reacción, mediante el uso de un primer condensador de azufre;

recalentar el gas condensado descargado del primer condensador de azufre, mediante el uso de un calentador;

llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado del calentador, mediante el uso de un reactor de Claus catalítico;

enfriar el gas de reacción descargado del reactor de Claus catalítico para condensar el azufre contenido en el gas de reacción, mediante el uso de un segundo condensador de azufre; y

permitir que las gotas de azufre que acompañan el gas de reacción descargado del segundo condensador de azufre choquen entre sí, y eliminar las gotas que se hacen más grandes de ese modo mediante el uso de un separador,

en donde la caldera de reacción y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador, la reacción de Claus catalítica, el segundo condensador de azufre, y el separador están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica. Dado que la pérdida de presión que ocurre en los tubos usados en el método de recuperación de azufre de esta modalidad es pequeña, se puede disminuir la presión para suministrar el gas que contiene oxígeno.

[0022] 9. El método de recuperación de azufre conforme al punto 8, que incluye además:

recalentar el gas condensado descargado del segundo condensador de azufre, mediante el uso de un segundo calentador;

llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción mediante el uso de un segundo reactor de Claus catalítico, el gas de reacción habiendo sido descargado del segundo calentador; y

enfriar el gas de reacción descargado del segundo reactor de Claus catalítico y condensar el azufre contenido en el gas de reacción, mediante el uso de un tercer condensador de azufre,

en donde la caldera de reacción y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador, el segundo calentador, el reactor de Claus catalítico, el segundo reactor de Claus catalítico, el segundo y tercer condensador de azufre, y el separador están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

[0023] 10. El método de recuperación de azufre conforme al punto 9, que incluye además:

recalentar el gas condensado descargado del tercer condensador de azufre, mediante el uso de un tercer calentador;

llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción mediante el uso de un tercer reactor de Claus catalítico, el gas de reacción habiendo sido descargado del tercer calentador; y

enfriar el gas de reacción descargado del tercer reactor de Claus catalítico y condensar el azufre contenido en el gas de reacción, mediante el uso de un cuarto condensador de azufre,

en donde la caldera de reacción y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador, el segundo y tercer calentador, el reactor de Claus catalítico, el segundo y tercer reactor de Claus catalítico, el segundo al cuarto condensador de azufre, y el separador están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones

térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

[0024] 11. El método de recuperación de azufre de acuerdo con cualquiera de los puntos 8 al 10, en donde un tubo que conecta la caldera de reacción al condensador de azufre tiene la forma de la letra "U", de tal manera que no se limita la expansión o contracción térmica.

[0025] 12. El método de recuperación de azufre conforme a cualquiera de los puntos 8 a 11, en donde el condensador de azufre está dispuesto en una sección de base de tal forma que pueda moverse, y la sección de base está fijada al suelo y posee un miembro anti resbalante que limita los movimientos del condensador de azufre.

[0026] 13. El método de recuperación de azufre conforme a cualquiera de los puntos del 8 al 12, en donde el calentador calienta el gas de reacción descargado del condensador de azufre y está dispuesto sobre el condensador de azufre de tal forma que pueda moverse en relación al condensador de azufre; un segundo tubo conecta el condensador de azufre al calentador; y

el calentador incluye un miembro de soporte que sirve de apoyo al calentador y permite que el este se desplace en una dirección vertical.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0027] En la FIG. 1 se presenta un diagrama que ilustra un ejemplo de una tubería utilizada en una unidad de recuperación de azufre;

en la FIG. 2 se presenta un diagrama en el que se ilustra un ejemplo de una unidad de recuperación de azufre;

La FIG. 3A es una vista lateral de un ejemplo de disposición de una unidad de recuperación de azufre;

La FIG. 3B es una vista de plano de un ejemplo de disposición de un reactor y un condensador de azufre;

La FIG. 3C es una vista de plano de un ejemplo de disposición de un reactor y un condensador de azufre;

en la FIG. 4 se presenta un diagrama en el que se ilustra un ejemplo de disposición de una unidad de recuperación de azufre;

en la FIG. 5 se presenta una vista lateral en la que se ilustra un ejemplo de un dispositivo equipado con una sección deslizante;

en la FIG. 6A se presenta una vista lateral que ilustra un ejemplo de miembros anti resbalantes;

en la FIG. 6B se presenta una vista superior en la que se ilustra un ejemplo de miembros anti resbalantes;

en la FIG. 7 se presenta un diagrama que ilustra un ejemplo de disposición de una unidad de recuperación de azufre;

La FIG. 8 es una vista de plano de un ejemplo de disposición de un reactor y un condensador de azufre;

en la FIG. 9 se presenta un diagrama en el que se ilustra una válvula instalada en una tubería de una unidad de recuperación de azufre; y

en la FIG. 10 se presenta un diagrama de flujo en el cual se ilustra un método de recuperación de azufre conforme a una modalidad.

DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES

[0028]

1. Unidad de recuperación de azufre

La FIG. 2 consiste en un diagrama en el cual se ilustra un ejemplo de una unidad de recuperación de azufre. Una unidad de recuperación de azufre (SRU) 120 en la FIG. 2 incluye un soplador de aire 1, una caldera de reacción 2, un primer condensador de azufre 11, un segundo condensador de azufre 12, un tercer condensador de azufre 13, un cuarto condensador de azufre 14, un primer calentador 21, un segundo calentador 22, un tercer calentador 23, un primer Reactor de Claus 31, un segundo Reactor de Claus 32, un tercer Reactor de Claus 33, un dispositivo de fusión 41, un pozo de azufre 51, una primera pata de sellado 81, una segunda pata de sellado 82, una tercera pata de sellado 83, y una cuarta pata de sellado 84.

[0029] La caldera de reacción 2 quema el sulfuro de hidrógeno conjuntamente con el

aire proveniente del soplador de aire 1 a alta temperatura con el fin de oxidar el sulfuro de hidrógeno y separar el sulfuro de hidrógeno en azufre (S_2) y agua (H_2O). Esta reacción se denomina "reacción de Claus a alta temperatura". La reacción de Claus a alta temperatura se describe más adelante mediante el uso de las fórmulas 1 y 2.

[0030] La caldera de reacción 2 incluye una caldera calentadora de desperdicios 3. La caldera calentadora de desperdicios 3 induce intercambio de calor entre el gas de reacción y agua provista a la caldera (BFW, por sus siglas en inglés) para enfriar el gas de reacción y a la vez generar vapor a alta o media presión.

[0031] El primer condensador de azufre 11 enfría el azufre contenido en el gas de reacción descargado de la caldera de reacción 2 y condensa (licúa) el azufre. El azufre líquido descargado del primer condensador de azufre 11 pasa a través de una tubería de drenaje libre. La tubería de drenaje libre se comunica con el azufre líquido en la primera pata de sellado 81 a los efectos de sellar la porción de reacción en el décimo primer lado del primer condensador de azufre.

[0032] La primera pata de sellado 81 tiene una forma cilíndrica o prisma rectangular y se mantiene a una presión próxima a la de la presión atmosférica. No obstante, dado que la presión en el primer condensador de azufre 11 es alta, la altura de la primera pata de sellado 81 ha sido diseñada a los efectos de mantener una profundidad de azufre suficiente de forma tal que prevenga que el azufre líquido en la primera pata de sellado 81 se disperse y mantenga la función de sellado. El azufre líquido retenido en la primera pata de sellado 81 se rebasa en aquellos casos en los que se exceda la altura particular del líquido, requerida para el sellado y fluya en el pozo de azufre 51. El pozo de azufre 51 por lo general queda ubicado en el subsuelo de forma tal que el azufre líquido provisto desde las patas de sellado sea recuperado mediante un sistema de drenaje libre. La segunda pata de sellado 82, la tercera pata de sellado 83, y la cuarta pata de sellado 84 tienen la misma función que la primera pata de sellado 81.

[0033] La temperatura de la reacción de Claus catalítica es superior a la temperatura en la cual el azufre se enfría en su forma líquida. En consecuencia, el

primer calentador 21 recalienta el gas de reacción, del cual se ha separado el azufre mediante el primer condensador de azufre 11, a la temperatura de reacción de la reacción de Claus catalítica.

[0034] El primer reactor de Claus 31 incluye estrato de catalizador por oxidación que cataliza la reacción del sulfuro de hidrógeno restante en el gas de reacción y estrato del catalizador de Claus que cataliza la reacción entre dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno en el gas de reacción y genera gas de reacción con contenido de azufre. El estrato del catalizador de Claus queda dispuesto corriente abajo del estrato del catalizador por oxidación. El catalizador que cataliza la oxidación del sulfuro de hidrógeno es al menos preferiblemente uno seleccionado entre el grupo conformado por $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{NiO-Al}_2\text{O}_3$, TiO_2 , $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2$, y $\text{MoO}_3\text{-TiO}_2$. El catalizador de Claus puede ser alúmina o titania utilizados en procesos convencionales.

[0035] El primer reactor de Claus 31 permite que el estrato del catalizador por oxidación y el estrato del catalizador de Claus entren en contacto con el gas de reacción descargado del primer condensador de azufre 11 para realizar una reacción de Claus catalítica y de generar azufre.

[0036] El gas de reacción descargado del primer reactor de Claus 31 es alimentado al segundo condensador de azufre 12 con el propósito de enfriar el gas de reacción y condensar azufre tal como sucede en el primer condensador de azufre 11. En esta modalidad, la cantidad de Reactores de Claus es de tres. No obstante, esta cantidad cambia dependiendo de la tasa de conversión de azufre de cada reacción. Por ejemplo, en aquellos casos en los que la tasa de conversión de azufre de cada Reactor de Claus es alta o en aquellos casos en los que se espera que la producción de azufre de la SRU disminuya, la cantidad de Reactores de Claus puede ser dos (02).

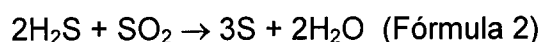
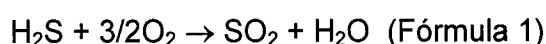
[0037] Tal como sucede con el primer condensador de azufre 11, cada uno del segundo condensador de azufre 12 y del tercer condensador de azufre 13 condensa azufre y proveen de azufre líquido al pozo de azufre 51, en tanto que el sulfuro de hidrógeno sin reaccionar se dispone en un calentador corriente abajo. De igual modo, tal como sucede con el primer reactor de Claus 31, el segundo Reactor de Claus 32 y

el tercer Reactor de Claus 33 permiten que ocurra una reacción de Claus catalítica, y así se genere azufre a partir del sulfuro de hidrógeno.

[0038] El dispositivo de fusión 41 elimina el azufre líquido en el gas de reacción mediante el uso de un filtro que causa que el azufre en forma de gotas que acompaña al gas de reacción sea descargado del cuarto condensador de azufre 14 entre en contacto entre sí y aumente allí el tamaño de las gotas. Paso seguido, el dispositivo de fusión 41 dispone del azufre en el pozo de azufre 51.

[0039]**2. Proceso de recuperación de azufre**

El sulfuro de hidrógeno es oxidado a través de una reacción de Claus a alta temperatura en la caldera de reacción 2 y se obtiene (S_2) y agua (H_2O). La reacción está representada por las siguientes fórmulas 1 y 2:



La reacción de Claus a alta temperatura ocurre entre los 1000 °C y 1400 °C.

[0040] La caldera calentadora de desperdicios 3 de la caldera de reacción 2 enfría el gas de reacción con una temperatura de 1000 °C a 1400 °C hasta una temperatura que varía entre los 250 °C a los 400 °C mediante el uso de BFW. El gas de reacción del cual se recupera el calor en la caldera calentadora de desperdicios 3 se enfría adicionalmente hasta alcanzar entre los 130 °C a 150 °C en un condensador con el fin de condensar y separar el azufre del gas de reacción. La tasa de conversión de azufre de la reacción de Claus a alta temperatura que tiene lugar en la caldera de reacción 2 llega aproximadamente al 70%. El sulfuro de hidrógeno restante presente en el gas de reacción y el dióxido de azufre generado por la combustión, son dispuestos en un Reactor de Claus corriente abajo de la caldera de reacción 2, en donde el sulfuro de hidrógeno es convertido en azufre mediante el uso de un catalizador.

[0041] La presión de la unidad de recuperación de azufre 120 disminuye desde la caldera de reacción 2 hacia la salida del dispositivo de fusión 41 debido a pérdidas de presión en los dispositivos y tuberías. En otras palabras, la presión en la caldera de reacción 2 es la más alta. A medida en la que la unidad de recuperación de azufre 120 aumenta de tamaño, aumenta la capacidad del soplador de aire 1 que suministra el oxígeno, tal como se indica en la fórmula 1 al proveer aire, y el aumento en la presión de descarga aumenta la potencia requerida por el soplador de aire 1. En consecuencia, la potencia del soplador de aire 1 puede ser disminuida al reducir las pérdidas de presión en los dispositivos y tuberías de la unidad de recuperación de azufre 120. En la unidad de recuperación de azufre 120, de acuerdo con la presente invención, se reduce el tamaño del diseño, y se acorta la longitud de la tubería. Por lo

tanto, se pueden reducir las pérdidas de presión en la tubería, a la vez de disminuir la potencia del soplador de aire 1 durante el proceso de producción de azufre. Asimismo, dado que la presión operativa es baja, se puede disminuir la altura de la pata de sellado.

[0042] La reacción de Claus catalítica involucra la misma reacción química representada en la fórmula 2 y provee azufre. No obstante, la temperatura de reacción es inferior a la de la reacción de Claus a alta temperatura y se aproxima a una temperatura (240 °C a 350 °C) igual o superior al punto exacto del azufre. El gas de reacción enfriado por el condensador de azufre y descargado del condensador de azufre es recalentado hasta alcanzar una temperatura de reacción de la reacción de Claus catalítica en un calentador y alimentado al Reactor de Claus.

[0043] Con el fin de aumentar la tasa de recuperación del azufre del gas sin reaccionar, se dispone de dos o más conjuntos de un condensador de azufre, un calentador, y un Reactor de Claus. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 2, el azufre es recuperado mediante el uso de tres conjuntos de reactores y finalmente, el 98% de los componentes de azufre son recuperados como azufre. El gas sin reaccionar separado con el dispositivo de fusión 41 es gas de cola y provisto una unidad de tratamiento de gas de cola (TGT, por sus siglas en inglés) no ilustrado en la FIG. 2. El TGT elimina el azufre restante en el gas mediante el uso una solución de amina o similar, y quema el gas de cola con una llama.

[0044]

3. Disposición de unidad de recuperación de azufre

La FIG. 3A es una vista lateral de un ejemplo de disposición de una unidad de recuperación de azufre. En la FIG. 3 se ilustra la caldera de reacción 2 y el primer condensador de azufre 11 como parte de la unidad de recuperación de azufre 120 en la FIG. 2. La caldera de reacción 2 y el primer condensador de azufre 11 se conectan entre sí a través de una tubería 4A a través de la cual fluye el gas de reacción. La caldera de reacción 2 queda fijada al suelo para prevenir el movimiento. Por ejemplo, la caldera de reacción 2 queda fijada con pernos a una base 2-1 fijada al suelo. El primer condensador de azufre 11 alimenta gas de reacción sin reaccionar en la

caldera de reacción 2 al primer calentador 21 (no ilustrado en la FIG. 3) corriente abajo a través de una tubería 4B. El azufre líquido (Liq.) obtenido mediante condensación es descargado al pozo de azufre 51 a través de una tubería 4C.

[0045]

3.1. Movimientos de dispositivos en dirección horizontal

El primer condensador de azufre 11 posee una sección deslizante 61. La sección deslizante 61 reduce la fuerza de fricción entre el primer condensador de azufre 11 y el suelo, y el primer condensador de azufre 11 es ordenado de forma tal que pueda moverse de forma relativa al suelo y a la caldera de reacción 2. Por ejemplo, en aquellos casos en los que la tubería 4A se expande térmicamente, el primer condensador de azufre 11 también se expande térmicamente en una dirección horizontal (gas de reacción dirección corriente abajo) debido a que la caldera de reacción 2 es inamovible. Debido a que el primer condensador de azufre 11 puede moverse, el primer condensador de azufre 11 puede moverse en respuesta a desplazamientos causados por la expansión térmica de la caldera de reacción 2, la tubería 4A, y el primer condensador de azufre 11. En consecuencia, la tubería 4A ya no necesitará una lira de expansión grande, tal como se ilustra en la FIG. 1, la distancia entre la caldera de reacción 2 y el primer condensador de azufre 11 puede ser disminuida, e igualmente se puede reducir el tamaño del diseño de la SRU.

[0046]

3.2 Análisis de tensión térmica de un modelo integrado constituido por dispositivos y tuberías

Las FIG. 3B y 3C son una vista de plano que ilustra un ejemplo de una disposición de una unidad de recuperación de azufre. En la FIG. 3B, se fija un dispositivo fijo 70 en posición corriente abajo de la caldera de reacción 2 y un dispositivo 60 es dispuesto de tal manera que pueda moverse en relación a la caldera de reacción 2 y al dispositivo fijo 70. El dispositivo fijo 70 es, por ejemplo, por lo menos un dispositivo seleccionado entre un calentador, un reactor de Claus catalítico, un segundo condensador de azufre, y un separador. Tal y como se ilustra en la FIG. 3C, una unidad de recuperación de azufre 120 puede incluir una pluralidad de

dispositivos fijos 70A y 70B, el reactor 2, una pluralidad de dispositivos móviles 60A y 60B entre el reactor 2 y el dispositivo fijo 70A, y un dispositivo móvil 60C entre los dispositivo fijos 70A y 70B. Los dispositivos móviles son dispositivos que constituyen la unidad de recuperación de azufre 120 pero que no son dispositivos fijos.

[0047] El dispositivo 60 está dispuesto de tal manera que puede moverse y absorber la tensión térmica en el caso en que la temperatura se incremente por una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica. Usualmente, en el diseño de planta, todos los dispositivos son fijos y las tensiones térmicas que se generan en las tuberías entre los dispositivos se calculan. En este caso, existe la necesidad de proporcionar curvas y liras de expansión en el sistema de tubos para absorber las tensiones térmicas. Sin embargo, cuando se implementa este diseño habitual en una unidad de recuperación de azufre que involucra grandes diámetros de tubo y maneja altas temperaturas, se proporciona de manera deseable un gran número de liras de expansión grandes y un gran diseño de tuberías. Así, en una unidad de recuperación de azufre de esta modalidad, los dispositivos de la mitad se dejan no fijos para que puedan moverse y absorber las tensiones térmicas. Como resultado, se realiza un diseño significativamente compacto que proporciona un sistema de tuberías de distribución lineal. Dado que una pluralidad de dispositivos se mueven simultáneamente, el análisis de estrés térmico debe llevarse a cabo de manera integral en una unidad de recuperación de azufre constituida por una pluralidad de dispositivos. La cantidad de movimiento generada por la expansión y contracción térmica se calcula mediante análisis y el dispositivo 60 está dispuesto de tal manera que el dispositivo no se caiga de la base. Como resultado, el dispositivo 60 se mueve y absorbe la tensión térmica pero no se cae de la base. De este modo, la unidad de recuperación de azufre puede ser operada sin problemas.

[0048] El análisis de tensión térmica se lleva a cabo mediante la ejecución de un programa de análisis de tensión térmica a través de un computador. En primer lugar, se construye un modelo de dispositivos y tuberías a partir de las características y forma del material. Se asignan las condiciones de temperatura/presión y las condiciones de contorno para el modelo de los dispositivos y tuberías y se lleva a

cabo el análisis de tensión térmica en un modelo completo, incluyendo los dispositivos y tuberías para calcular las tensiones y cargas impuestas a los dispositivos mediante análisis numérico. Como condiciones de contorno se consideran las condiciones que restringen la expansión térmica y el peso de los dispositivos y tuberías. Sin embargo, en la construcción de un modelo se debe incluir un rango desde un punto fijo a un punto fijo. Por consiguiente, cuando se deja algunos de los dispositivos deslizables, sin ser fijos, dichos dispositivos deben ser instalados entre dispositivos fijos. Esto hace que sea inapropiado llevar a cabo un análisis parcial y por lo tanto un análisis integral es deseable. Usualmente el análisis de tensión térmica se lleva a cabo mediante un método de elementos finitos (FEM) o similares.

[0049] La FIG. 4 es una vista lateral en la que se ilustra un ejemplo de un dispositivo equipado con una sección deslizante. Una sección deslizante 61 ilustrada en el dibujo está, por ejemplo, constituida por una placa deslizante 61A y una placa deslizante 61B. La placa deslizante 61A, la cual reduce la fuerza de fricción, queda dispuesta en un extremo de la porción de la pata 11-1 del primer condensador de azufre 11 y la placa deslizante 61B queda dispuesta en una fundación 11-2 en el suelo. Dado que el primer condensador de azufre 11 queda ordenado en suelo con la placa deslizante 61A y la placa deslizante 61B entre ambos, el primer condensador de azufre 11 puede moverse con facilidad con relación al suelo.

[0050] En el caso de la FIG. 5 encontramos una vista superior en la que se ilustran ejemplos de placas deslizantes. La placa deslizante 61A y la placa deslizante 61B aparecen representadas a modo de ilustración en la FIG. 5. Las placas deslizantes 61A y 61B quedan dispuestas al tener en cuenta la expansión térmica de la tubería 4A en la FIG. 3 de forma tal que la dirección longitudinal de las placas deslizantes coincida con una dirección 62 en la cual la tubería 4A quede sometida al desplazamiento. De esta manera, se puede prevenir que la placa deslizante 61A caiga sobre la placa deslizante 61B. El coeficiente de fricción entre la placa deslizante 61A y la placa deslizante 61B es menor al coeficiente de fricción entre el primer condensador de azufre 11 y la fundación 11-2 sin la placa deslizante 61A y la placa deslizante 61B. En consecuencia, la fuerza de fricción actuante en el

primer condensador de azufre 11 puede ser disminuida mediante el uso de la placa deslizante 61A y la placa deslizante 61B.

[0051] En la FIG. 6A encontramos una vista lateral en la que se ilustran ejemplos de miembros anti resbalantes. Tal como se ilustra en la figura, un miembro anti resbalante 62A y un miembro anti resbalante 62B quedan dispuestos en la base 11-2 y al lado de la placa deslizante 61A y la placa deslizante 61B. En el caso de la FIG. 6B encontramos una vista superior en la que se ilustran ejemplos de miembros anti resbalantes. En la FIG. 6B, el primer condensador de azufre 11 queda omitido en la figura. Tal como se ilustra en la figura, los miembros anti resbalantes 62A al 62D quedan dispuestos en la base 11-2 y al lado de la placa deslizante 61B. Los miembros anti resbalantes 62A al 62D limitan los movimientos de la placa deslizante 61A y previenen que los dispositivos caigan de la base. Por lo tanto, incluso en aquellos casos en los que la tubería quede sometida a relajación de tensión y la posición del primer condensador de azufre 11 cambie gradualmente, los movimientos son limitados por los miembros anti resbalantes y por ende se evita que los dispositivos puedan caer de la base. Los dispositivos y tuberías cuyos movimientos son limitados por los miembros anti resbalantes, quedan sometidos a la expansión térmica, aun cuando esta expansión térmica es absorbida por la relajación de tensión. En consecuencia, incluso en aquellos casos en los que la expansión y contracción térmica son limitadas por los miembros anti resbalantes, la magnitud de las tensiones térmicas generadas en las tuberías es pequeña, la fuerza (carga) generada en el sistema de tubería es redistribuida, y sin que ocurran tensiones térmicas excesivamente grandes en la boquilla ni en el sistema de tubería.

[0052] Se puede determinar la relación de posiciones entre los miembros anti resbalantes y las placas deslizantes con base en la fuerza de fricción del dispositivo. En aquellos casos en los que el peso del dispositivo sea grande, y la fuerza de fricción sea intensa, el dispositivo no se moverá con facilidad. En consecuencia, se disminuye la distancia entre los miembros anti resbalantes y las placas deslizantes.

[0053]**3.3. Movimientos de dispositivos en dirección perpendicular**

En el caso de la FIG. 7 encontramos una figura que ilustra un ejemplo de disposición de una unidad de recuperación de azufre. En la FIG. 7 se ilustra la caldera de reacción 2, el primer condensador de azufre 11, y el primer calentador 21, los cuales son parte de la unidad de recuperación de azufre 120, ilustrada en la FIG. 2. La caldera de reacción 2, el primer condensador de azufre 11, y el primer calentador 21 están conectados entre sí a través de las tuberías 4A y 4B a través de las cuales fluye el gas de reacción. El primer calentador 21 queda ordenado de forma tal que pueda moverse de forma relativa al primer condensador de azufre 11. El primer calentador 21 calienta el gas de reacción proveniente del primer condensador de azufre 11 hasta alcanzar la temperatura de reacción de la reacción de Claus catalítica y provee el gas de reacción calentado al primer reactor de Claus 31 corriente debajo de éste.

[0054] El primer calentador 21 queda dispuesto en muelles de soporte 72A y 72B en una guía 71. Los muelles de soporte 72A y 72B permiten que la tubería quede sometida a desplazamientos en una dirección vertical y en consecuencia contar con una capacidad de soporte fluctuante. En aquellos casos en los que la tubería 4B se expanda térmicamente, la fuerza ascendente trabaja al lado del muelle de soporte 72A / 72B el primer calentador 21. Los muelles de soporte 72A y 72B permiten desplazamientos de la tubería 4B en la dirección vertical y expansión. En consecuencia, el primer calentador 21 queda ordenado de forma tal que puedan moverse en perpendicular dirección con relación al primer condensador de azufre 11.

[0055] Tal como se ilustra en la FIG. 7, los dispositivos adyacentes conectados por tuberías quedan dispuestos de forma tal que no se limiten los movimientos entre sí. En consecuencia, la fuerza de limitación en la dirección de movimientos causados por expansión térmica queda reducida. Asimismo, la cantidad de las liras de expansión entre los dispositivos móviles puede ser disminuida y el tamaño del diseño de la SRU puede ser aún más reducido.

[0056]

3.4. Dispositivos inamovibles

En el caso de la FIG. 4 y FIG. 7 se utilizan con el fin de ilustrar que los movimientos del primer condensador de azufre 11 y el primer calentador 21 no quedan limitados. El resto de los condensadores de azufre, calentadores, y Reactores de Claus pueden ser ordenados de forma tal que puedan moverse en una dirección horizontal o perpendicular con relación al suelo o a la corriente arriba de un dispositivo con relación al primer condensador de azufre 11.

[0057] En esta modalidad, tal como se ilustra en la FIG. 2, todos los dispositivos movibles excepto el dispositivo de fusión 41 quedan dispuestos de forma tal que sean orientados horizontalmente. Los dispositivos orientados horizontalmente no se inclinan incluso en aquellos casos en los que son movidos. Por lo tanto, los dispositivos orientados horizontalmente quedan dispuestos para su movimiento exceptuando la caldera de reacción 2. En contraste, el dispositivo de fusión 41 queda ordenado de forma tal que queda orientado verticalmente. Dado que un dispositivo orientado verticalmente es inestable al moverse, el dispositivo de fusión 41 queda fijado al suelo. En resumen, en la SRU de acuerdo con esta modalidad, la caldera de reacción 2, ubicado en el extremo más remoto corriente arriba en la SRU, y el dispositivo de fusión 41, el cual queda ubicado en el extremo más remoto corriente abajo en la SRU, son los únicos dispositivos inamovibles, y los dispositivos ubicados entre la caldera de reacción 2 y el dispositivo de fusión 41 son movibles. Por lo tanto, las liras de expansión para tuberías entre la caldera de reacción 2 y el dispositivo de fusión 41 pueden ser eliminadas tanto como sea posible, y el tamaño del diseño de la SRU puede ser reducido.

[0058]

4. Forma de las tuberías

Tal como se ha descrito anteriormente, las estructuras de tubería para absorber tanto la expansión como la contracción térmica dejan de ser necesarias en la unidad de recuperación de azufre 120 en la cual los dispositivos corriente abajo de la caldera de reacción 2 pueden moverse. No obstante, dado que los dispositivos

movibles quedan colocados en el suelo a merced de la gravedad, se genera una fuerza de fricción entre los dispositivos y el suelo. En consecuencia, la fuerza de fricción obstruye los movimientos de los dispositivos y genera tensiones térmicas en las tuberías.

[0059] En el caso de la FIG. 8 se presenta una vista plana en la que se ilustra un ejemplo de disposición de una caldera de reacción y un condensador de azufre. La tubería 4A que conecta la caldera de reacción 2 al primer condensador de azufre 11 no se conecta directamente con los dispositivos en posiciones opuestas, tal como se ilustra en la FIG. 3. Por lo contrario, la tubería 4A se conecta con la boquilla 2-2 y la boquilla 11-2 respectivamente dispuesta a los lados de los dispositivos, y tiene forma de letra "U". Debido a que la caldera de reacción 2 queda fijada al suelo, la porción de conexión entre la tubería 4A y la caldera de reacción 2 queda limitada, y las partes corriente abajo de la porción de conexión podrán moverse. No obstante, dado que la fuerza de fricción es generada entre el primer condensador de azufre 11 y el suelo debido al peso del primer condensador de azufre 11, ocurren tensiones térmicas en la tubería 4A.

[0060] En el ejemplo ilustrado en la FIG. 8 en el cual la tubería 4A tiene forma de letra "U", ni la expansión térmica ni la contracción térmica en la dirección "Y" ilustrada en la FIG. 8 quedan limitadas, por lo que no ocurren tensiones térmicas causadas por la expansión o contracción térmica en la dirección "Y" en la tubería 4A. Por otra parte, los movimientos en la dirección X ilustrados en la FIG. 8 generan fuerza de fricción debido al primer condensador de azufre 11 y en consecuencia ocurren tensiones térmicas en la tubería 4A. A pesar de ello, en aquellos casos en los que la tubería 4A puede moverse libremente en la dirección "Y", no se generan tensiones térmicas en la dirección "Y", y en consecuencia se pueden reducir las tensiones térmicas en la tubería 4A.

[0061] Por cuanto la lira de expansión ilustrada en la FIG. 1 queda instalada en el medio de la tubería, y tiene una forma complementaria idónea para dicha instalación la forma de letra "U" ilustrada en la FIG. 8 difiere de dicha forma en la que la forma de letra "U" se necesita a los fines de proporcionar una conexión entre las boquillas en

las caras laterales de los dispositivos. Por cuanto la lira de expansión en la FIG. 1 queda dispuesta para absorber la expansión y contracción térmica generadas en una tubería cuyos movimientos están limitados, la tubería en la FIG. 8 diseñada para tener una forma de letra “U” en si queda sometida a expansión y contracción térmica. En aquellos casos en los que las posiciones de boquillas de los dispositivos y la tubería quedan dispuestos de forma tal que la tubería tiene forma de letra “U” y la expansión y contracción térmica no quedan limitados, la tubería no tendrá la necesidad de incluir liras de expansión, incluso en aquellos casos en los que la fuerza de fricción ocurra debido a los movimientos de los dispositivos móviles. En consecuencia, se podrá reducir el tamaño del diseño de la SRU.

[0062]

5. Válvula

En el caso de la FIG. 9 hallamos un diagrama en el que se ilustra una válvula instalada en una tubería de una unidad de recuperación de azufre. En años recientes, el aumento de la producción de las SRU ha aumentado, y el tamaño de las tuberías en algunas ocasiones llega a ser de 2.032 metros aproximadamente. Al instalar una válvula 63 en una tubería 4D con un diámetro mayor aumentar el peso total de la tubería dada la longitud de éstas. En consecuencia, se desea proveer un soporte 62 que provea de soporte a la tubería 4D. En virtud de que se genera fuerza de fricción entre el soporte 62 y la tubería 4D, los movimientos de la tubería 4D quedan limitados. Esta fuerza de fricción previene que las tuberías se muevan y generen tensiones térmicas entre sí. En la SRU de acuerdo con esta modalidad, no existe la necesidad de proveer válvulas en las tuberías desde la caldera de reacción 2 al dispositivo de fusión 41. La SRU no necesita tener ninguna válvula ya que existe una serie de dispositivos corriente abajo de la caldera de reacción 2 dispuestos de forma continua y operados simultáneamente, sin la necesidad de dividir la línea en el medio. Asimismo, dado que los dispositivos rotativos, tales como bombas y compresores, cuyo rango de operación es limitado y no se incluyen en la SRU, no existe la necesidad de proporcionar válvulas de control. En consecuencia, las tuberías utilizadas en la SRU de acuerdo con esta modalidad no tienen ninguna válvula y por lo

tanto son ligeras de peso. Como resultado, las tuberías pueden moverse fácilmente en respuesta tanto a la expansión como a la contracción térmica y las tensiones térmicas generadas por la fuerza de fricción causada por el peso de la tubería quedan reducidas. En este sentido, dejarán de ser necesarias las liras de expansión para las válvulas.

[0063]

6. Método de recuperación del azufre

En la FIG. 10 se dispone de un diagrama de flujo de un método de recuperación de azufre de acuerdo con una modalidad. Primero, el gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y el gas con contenido de oxígeno son introducidos en una caldera de reacción y se induce una reacción de Claus a alta temperatura entre el gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y el gas con contenido de oxígeno (S101). Paso seguido, el gas de reacción descargado de la caldera de reacción es enfriado, y el azufre contenido en el gas de reacción es condensado (S102). El gas de reacción descargado del condensador de azufre es calentado con un calentador ordenado sobre el condensador de azufre de forma tal que pueda moverse de forma relativa con el condensador de azufre (S103). El gas de reacción descargado del calentador queda sujeto a una reacción de Claus catalítica en a Reactor de Claus (S104). El gas de reacción descargado del Reactor de Claus es enfriado con el fin de condensar azufre con un condensador de azufre (S105). A los efectos de aumentar la tasa de recuperación de los componentes sulfurosos del gas sin reaccionar, se disponen de dos o más conjuntos del condensador de azufre, el calentador, y el reactor, llevándose a cabo de forma repetida el paso de condensación S102, el paso de calentamiento S103, el paso de la reacción de Claus catalítica S104, y en paso de condensación S105 en concordancia con la cantidad de conjuntos. Después de los pasos S102 al S105, se remueve el azufre líquido en el gas de reacción en un dispositivo de fusión mediante el uso de un filtro que causa que el azufre en forma de gotas que acompaña al gas de reacción descargado del condensador de azufre entre en contacto entre sí a los fines de aumentar el tamaño de las gotas (S106). El azufre líquido es recuperado en un pozo de azufre.

[0064] Dado que la pérdida de presión que ocurre en las tuberías utilizadas en el presente método de recuperación de azufre es pequeña, se podrá disminuir la presión de alimentación del gas con contenido de oxígeno.

[0065] Todos los ejemplos y lenguaje condicional vertido en el presente documento está orientado con fines pedagógicos con el fin de ayudar al lector en la comprensión de la invención los conceptos aportados por el inventor a los fines de refinar el arte, y habrán de interpretarse sin limitación alguna a los ejemplos y condiciones recitados específicamente, y en ningún caso la organización de dichos ejemplos en la memoria descriptiva se relacionarán con la superioridad ni la inferioridad de la invención. A pesar de que las modalidades de la presente invención han sido descritas en detalle, deberá entenderse que los diversos cambios, sustituciones y alteraciones podrían hacerse en la presente sin partir del espíritu y alcance de la invención.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

1. El sistema de recuperación de azufre que incluye:

una caldera de reacción (2) que lleva a cabo una reacción de Claus a una temperatura de 1000 a 1400°C, entre gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y gas con contenido de oxígeno introducidos a la caldera de reacción (2);

un primer condensador de azufre (11) que enfría el gas de reacción descargado de la caldera de reacción (2) y condensa el azufre contenido en el gas de reacción;

un calentador (21) que recalienta el gas condensado descargado del primer condensador de azufre (11);

un reactor de Claus catalítico (31) que lleva a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado del calentador (21);

un segundo condensador de azufre (12) que enfría el gas de reacción descargado del reactor de Claus catalítico (31) y condensa el azufre contenido en el gas de reacción; y

un separador (41) que permite que las gotas de azufre que acompañan el gas de reacción descargado del segundo condensador de azufre (12) choquen entre sí y elimina las gotas,

en donde la caldera de reacción (2) y por lo menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste del calentador (21), el reactor de Claus catalítico (31), el segundo condensador de azufre (12), y el separador (41) están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

2. El sistema de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 1, que comprende además:

un segundo calentador (22) que recalienta el gas condensado descargado del segundo condensador de azufre (12);

un segundo reactor de Claus catalítico (32) que lleva a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado del segundo calentador (22); y

un tercer condensador de azufre (13) que enfría el gas de reacción descargado del segundo reactor de Claus catalítico (32) y condensa el azufre contenido en el gas de reacción,

en donde la caldera de reacción (2) y por lo menos un dispositivo seleccionado del grupo que consiste del calentador (21), el segundo calentador (22), el reactor de Claus catalítico (31), el segundo reactor de Claus catalítico (32), el segundo y tercer condensador de azufre (12, 13), y el separador están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

3. El sistema de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 2, que comprende además:

un tercer calentador (23) que recalienta el gas condensado descargado del tercer condensador de azufre (13);

un tercer reactor de Claus catalítico (33) que lleva a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción descargado desde el tercer calentador (23); y

un cuarto condensador de azufre (14) que enfría el gas de reacción descargado del tercer reactor de Claus catalítico (33) y condensa el azufre contenido en el gas de reacción,

en donde la caldera de reacción (2) y por lo menos un dispositivo seleccionado del grupo que consiste del calentador (21), el segundo y tercer calentador (22, 23), el reactor de Claus catalítico (31), el segundo y tercer reactor de Claus catalítico (32, 33), el segundo al cuarto condensador de azufre (12, 13, 14), y el separador (41) están fijados al suelo; y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones

térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

4. El sistema de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 1, que incluye además un tubo que conecta la caldera de reacción (2) al primer condensador de azufre (11), tubo que tiene la forma de la letra "U", de tal manera que no se limita la expansión o contracción térmica.

5. El sistema de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 1 que comprende:

una sección de base (11-2) fija al suelo,
en donde el primer o segundo condensador de azufre (11, 12) está dispuesto en la sección de base (11-2) de tal manera que se pueda mover, y

la sección de base (11-2) posee un miembro anti resbalante (62^a, 62B, 62C, 62D) que limita los movimientos del primer o segundo condensador de azufre (11, 12).

6. El sistema de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 1, en donde el calentador (21) está dispuesto sobre el condensador de azufre (11) de tal forma que pueda moverse en relación al condensador de azufre (11), y

el calentador (21) incluye un miembro de apoyo (72A, 72B) que sirve de soporte al calentador (21) y permite que el calentador se desplace en una dirección vertical.

7. El sistema de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 1, en donde el calentador (21), el reactor de Claus catalítico (31), y el segundo condensador de azufre (12) están dispuestos de tal forma que puedan moverse y el separador está fijo en un lugar relativo a una dirección horizontal.

8. Un método de recuperación de azufre para recuperar azufre a partir de gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y gas con contenido de oxígeno, método que

incluye:

introducir el gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y el gas con contenido de oxígeno en una caldera de reacción (2) y llevar a cabo una reacción de Claus a una temperatura de 1000 a 1400°C entre el gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y el gas con contenido de oxígeno;

enfriar el gas de reacción descargado de la caldera de reacción (2) para condensar el azufre contenido en el gas de reacción, en el primer condensador de azufre (11);

recalentar el gas condensado descargado del primer condensador de azufre (11), en un calentador (21);

llevar a cabo una reacción de Claus del gas de reacción descargado del calentador (21), en un reactor de Claus catalítico (31);

enfriar el gas de reacción descargado del reactor de Claus catalítico (31) para condensar el azufre contenido en el gas de reacción, en el segundo condensador de azufre (12); y

permitir que las gotas de azufre que acompañan el gas de reacción descargado del segundo condensador de azufre (12) choquen entre sí, y eliminar las gotas en un separador (41),

en donde la caldera de reacción (2) y por lo menos un dispositivo seleccionado del grupo que consiste del calentador (21), la reacción de Claus catalítica (31), el segundo condensador de azufre (12), y el separador (41) están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

9. El método de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 8, que comprende además:

recalentar el gas condensado descargado del segundo condensador de azufre (12), en un segundo calentador (22);

llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción en un segundo reactor de Claus catalítico (32), el gas de reacción habiendo sido descargado del segundo calentador (22); y

enfriar el gas de reacción descargado del segundo reactor de Claus catalítico (32) y condensar el azufre contenido en el gas de reacción, en un tercer condensador de azufre (13),

en donde la caldera de reacción (2) y por lo menos un dispositivo seleccionado del grupo que consiste del calentador (21), el segundo calentador (22), el reactor de Claus catalítico (31), el segundo reactor de Claus catalítico (32), el segundo y tercer condensador de azufre (12, 13), y el separador (41) están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

10. El método de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 9, que comprende además:

recalentar el gas condensado descargado del tercer condensador de azufre (13), en un tercer calentador (23);

llevar a cabo una reacción de Claus catalítica del gas de reacción en un tercer reactor de Claus catalítico (33), el gas de reacción habiendo sido descargado del tercer calentador (23); y

enfriar el gas de reacción descargado del tercer reactor de Claus catalítico (33) y condensar el azufre contenido en el gas de reacción, en un cuarto condensador de azufre (14),

en donde la caldera de reacción (2) y por lo menos un dispositivo seleccionado del grupo que consiste del calentador (21), el segundo y tercer calentador (22, 23), el reactor de Claus catalítico (31), el segundo y tercer reactor de Claus catalítico (32, 33), el segundo al cuarto condensador de azufre (12, 13, 14), y el separador (41) están fijados al suelo, y

un dispositivo ubicado entre los dispositivos fijos se dispone de tal manera que pueda moverse de forma relativa a los dispositivos fijos, de modo que las tensiones térmicas puedan ser absorbidas, incluso cuando la temperatura aumenta debido a una reacción de Claus a alta temperatura o una reacción de Claus catalítica.

11. El método de recuperación de azufre de acuerdo con la reivindicación 8, en donde un tubo que conecta la caldera de reacción (2) al primer condensador de azufre (11) tiene la forma de la letra "U", de tal manera que no se limita la expansión o contracción térmica.

12. El método de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 8, en donde el primer o segundo condensador de azufre (11, 12) está dispuesto en una sección de base (11-2) de tal forma que pueda moverse, y la sección de base (11-2) está fijada al suelo y posee un miembro anti resbalante (62^a, 62B, 62C, 62D) que limita los movimientos del primer o segundo condensador de azufre (11, 12).

13. El método de recuperación de azufre conforme a la reivindicación 8, en donde el calentador (21) está dispuesto sobre el primer condensador de azufre (11) de tal forma que pueda moverse en relación al primer condensador de azufre (11) ;

un segundo tubo conecta el condensador de azufre (11) al calentador (21); y

el calentador (21) incluye un miembro de apoyo que sirve de soporte al calentador (21) y permite que este se desplace en una dirección vertical.

RESUMEN

Una unidad de recuperación de azufre que incluye: una caldera de reacción configurada para llevar a cabo una reacción de Claus a alta temperatura entre gas con contenido de sulfuro de hidrógeno y gas con contenido de oxígeno introducidos a la caldera de reacción; un condensador de azufre configurado para enfriar el gas de reacción descargado de la caldera de reacción y condensar el azufre contenido en el gas de reacción; y un tubo que conecta la caldera de reacción al condensador de azufre, en donde la caldera de reacción está fijada al suelo; y el condensador de azufre y el tubo están dispuestos de tal manera que puedan moverse en relación a la caldera de reacción.

FIG. 1

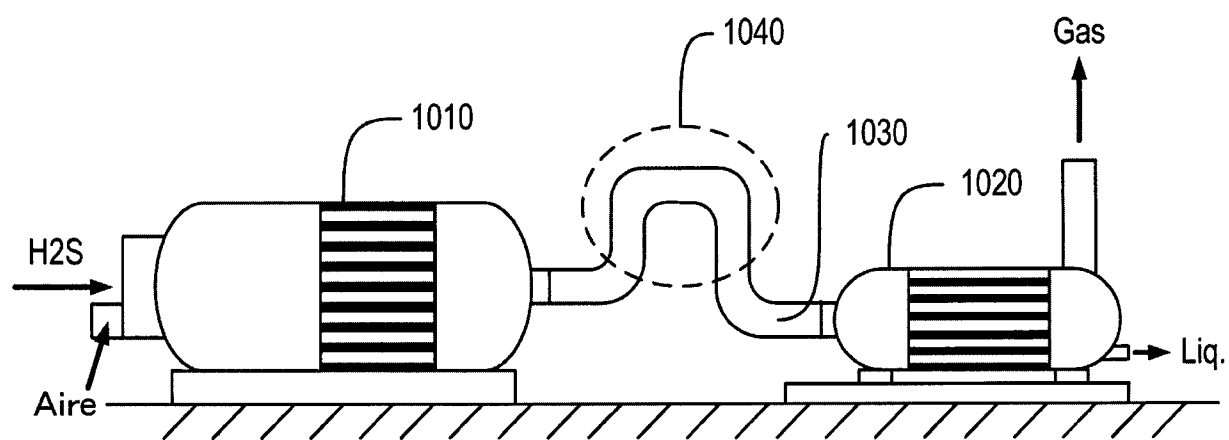


FIG. 2

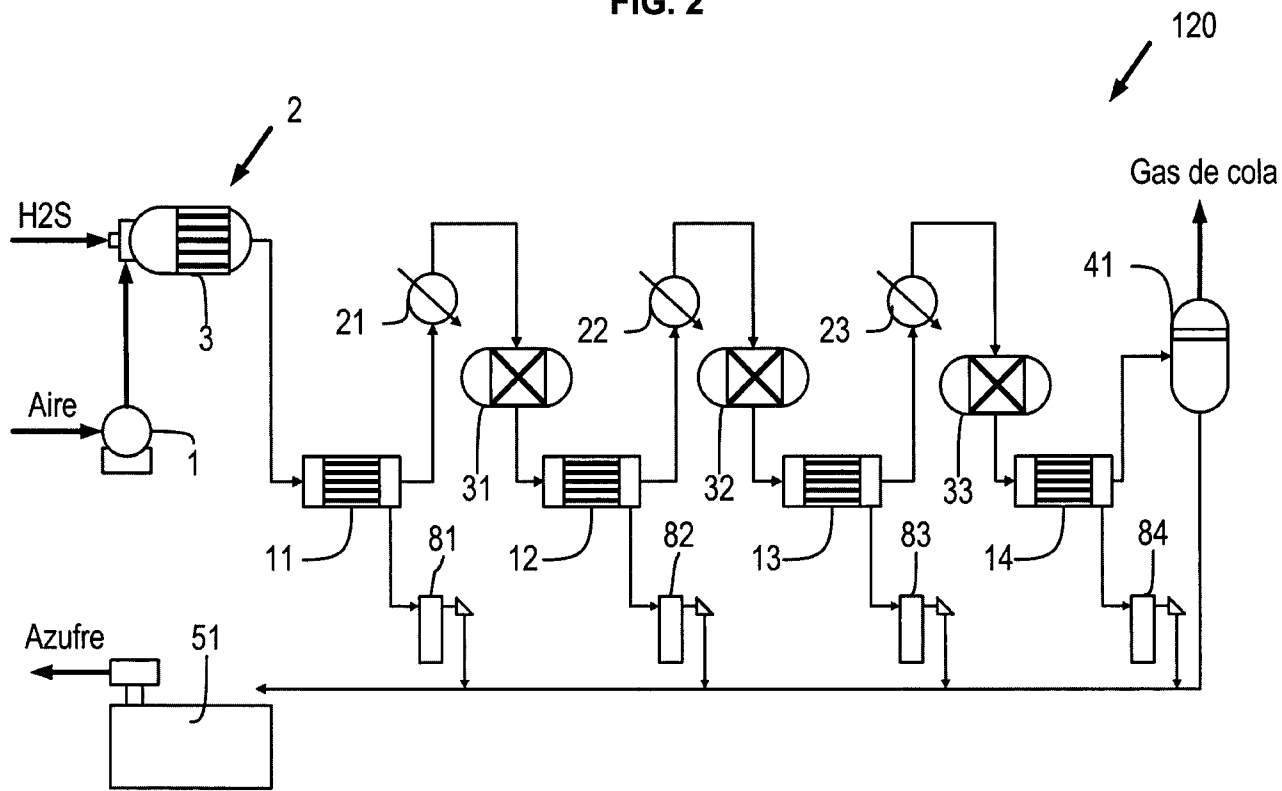


FIG. 3A

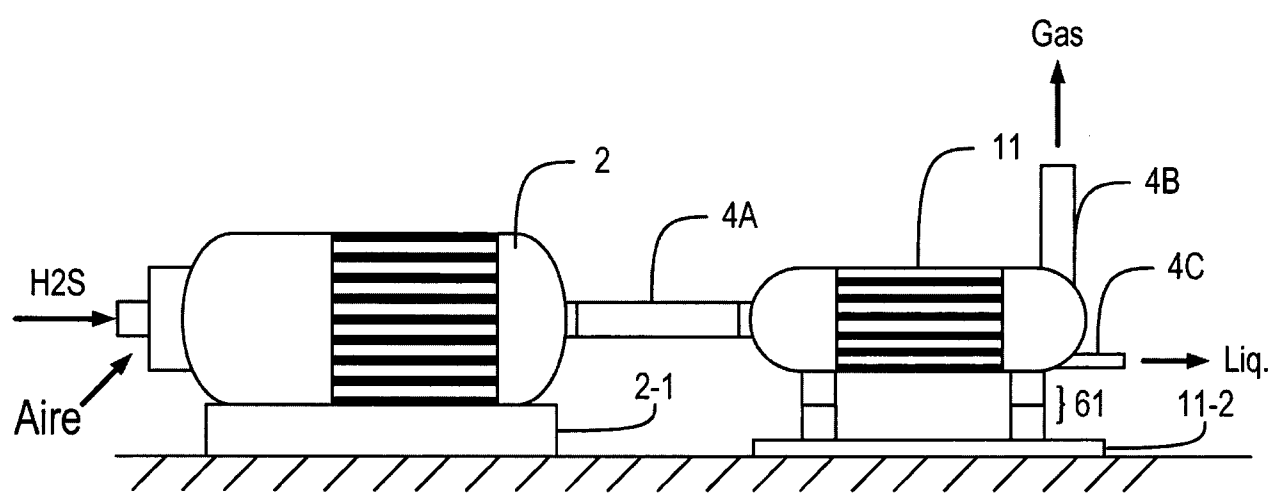


FIG. 3B

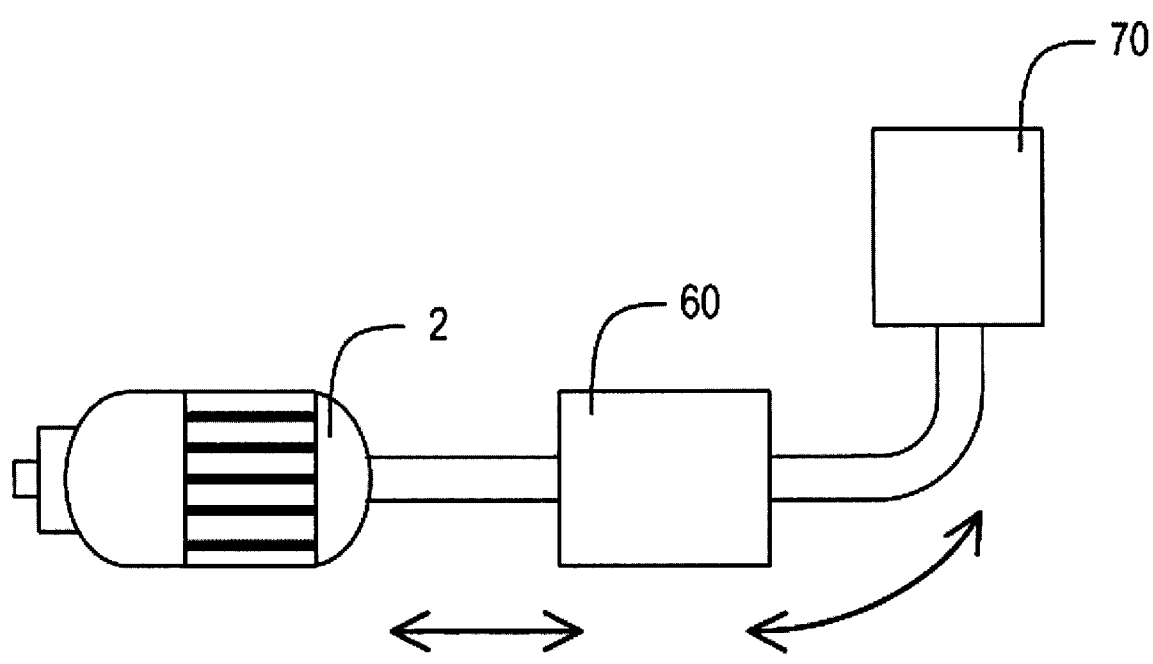


FIG. 3C

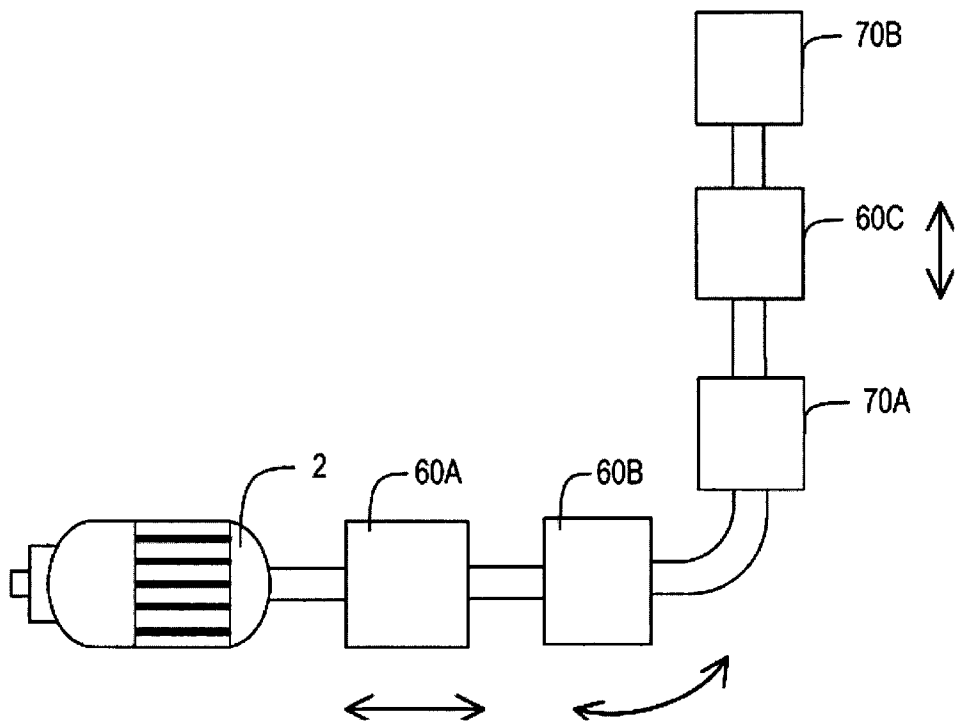


FIG. 4

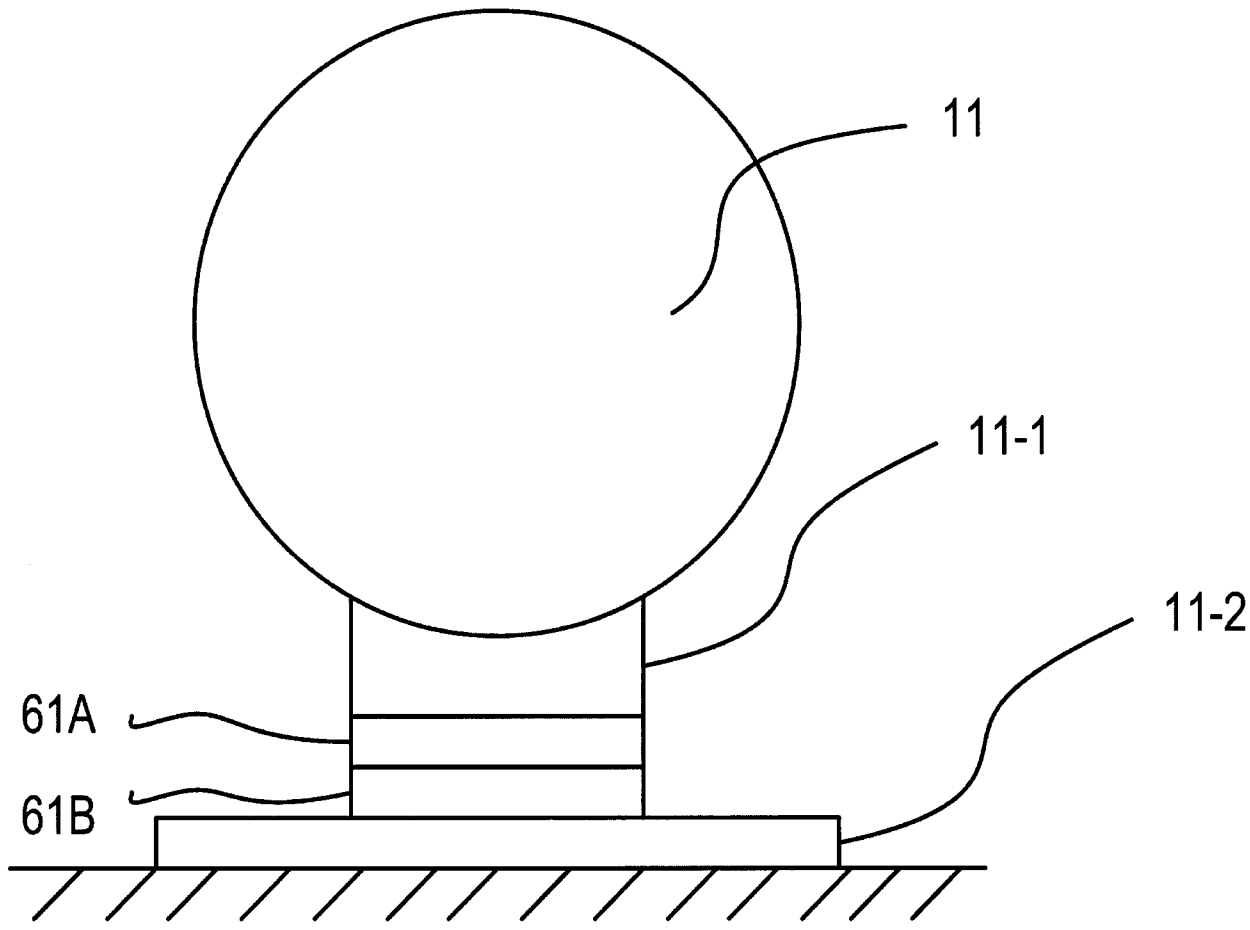


FIG. 5

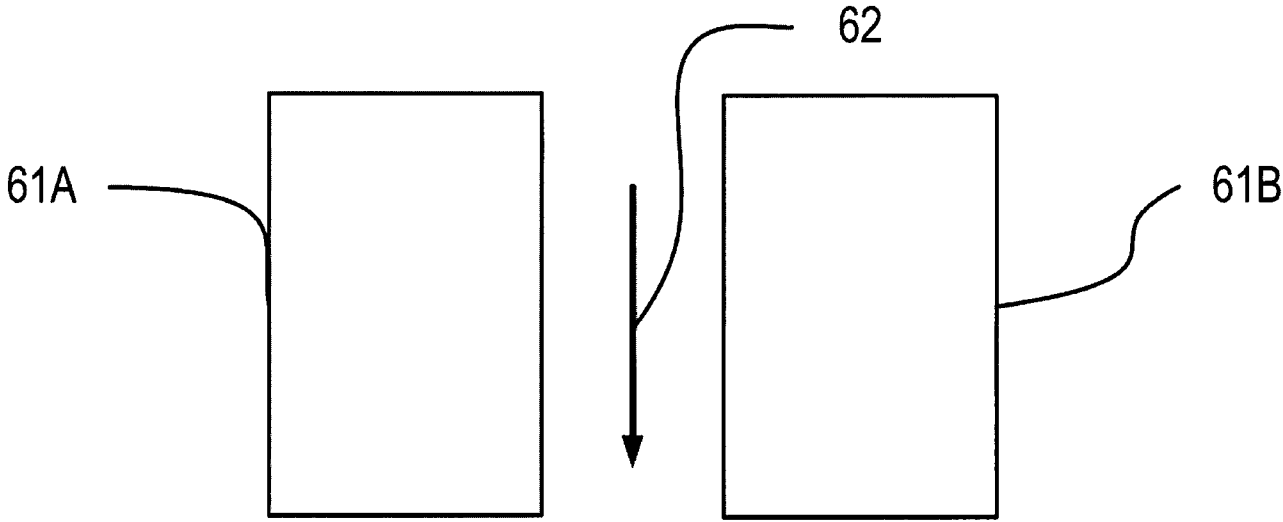


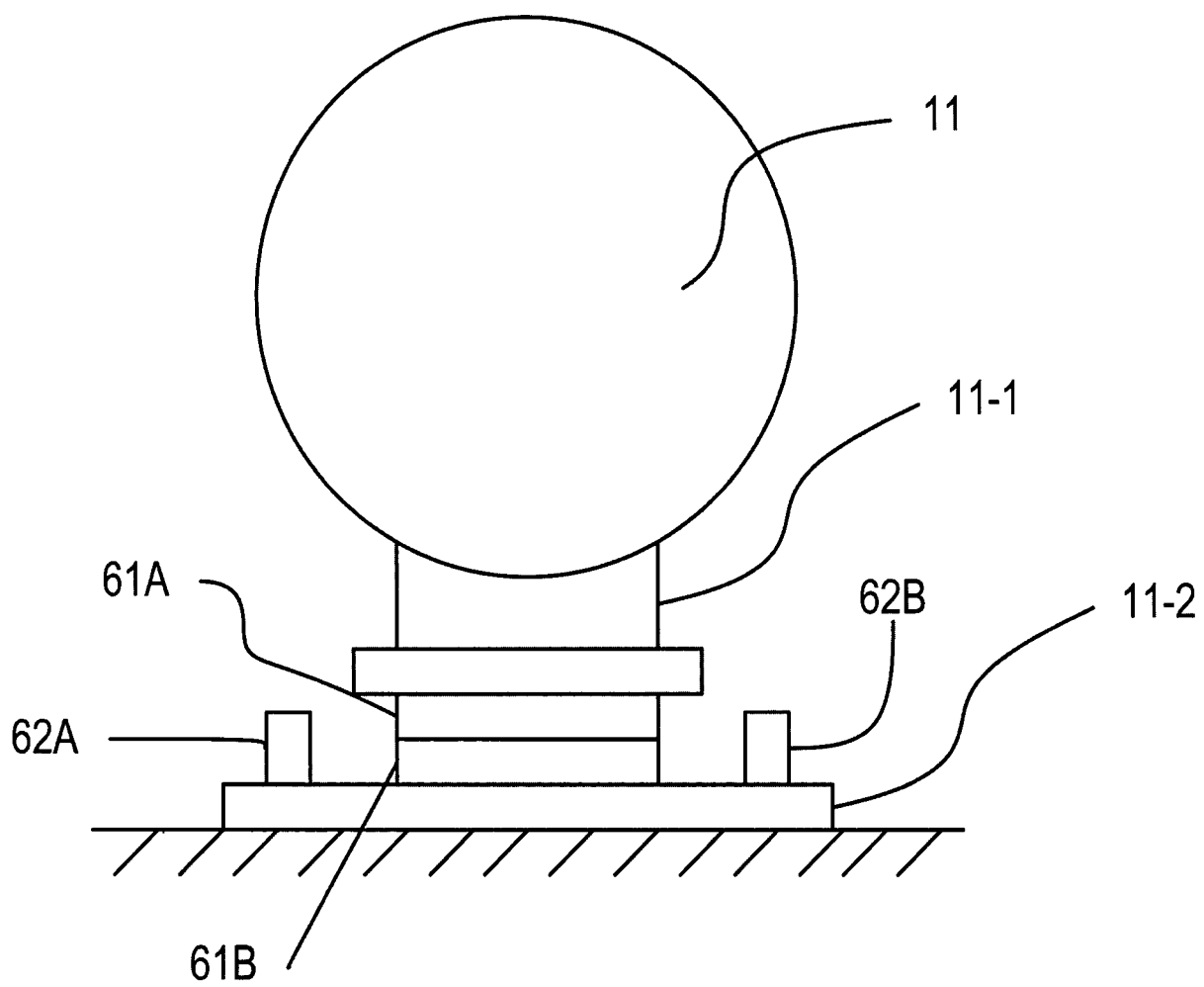
FIG. 6A

FIG. 6B

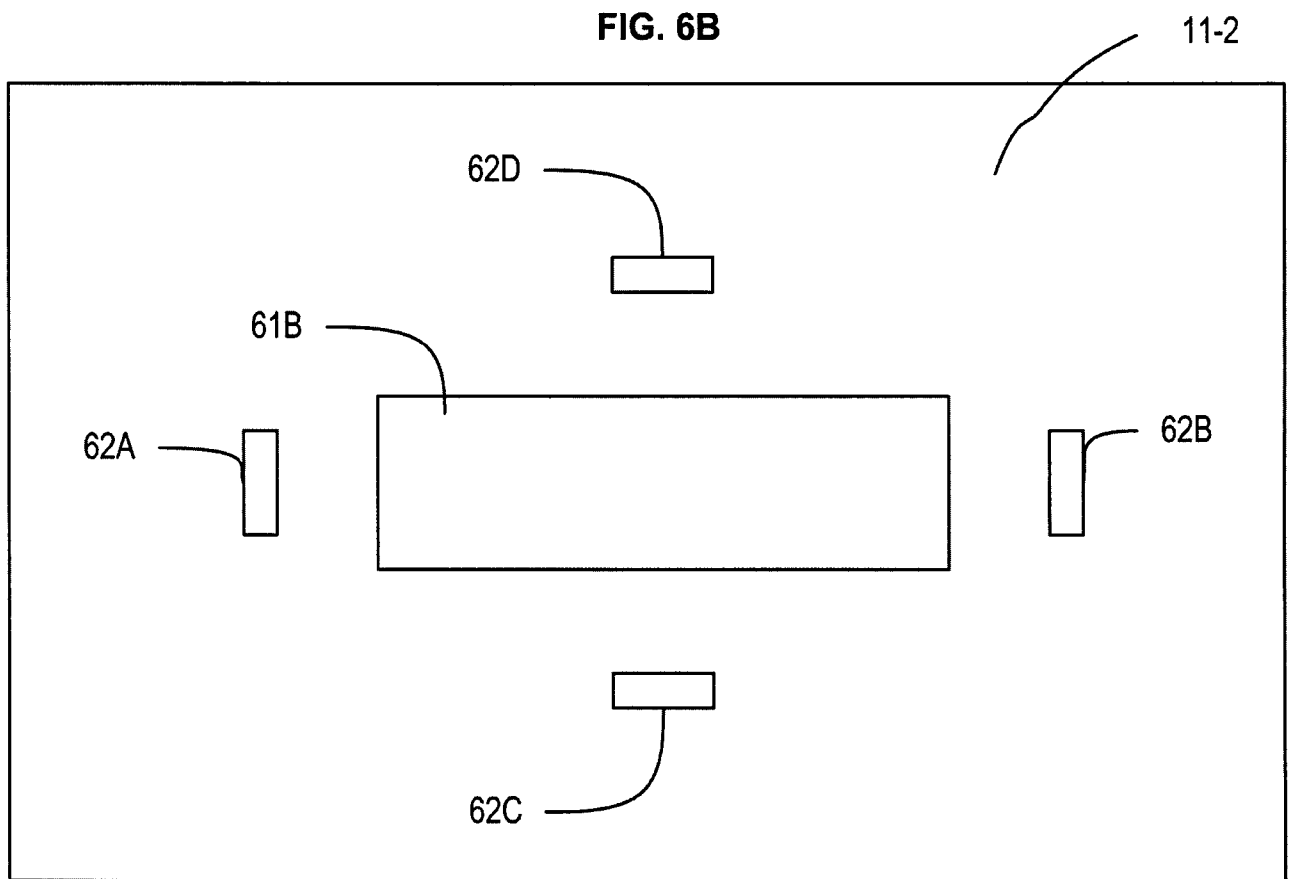


FIG. 7

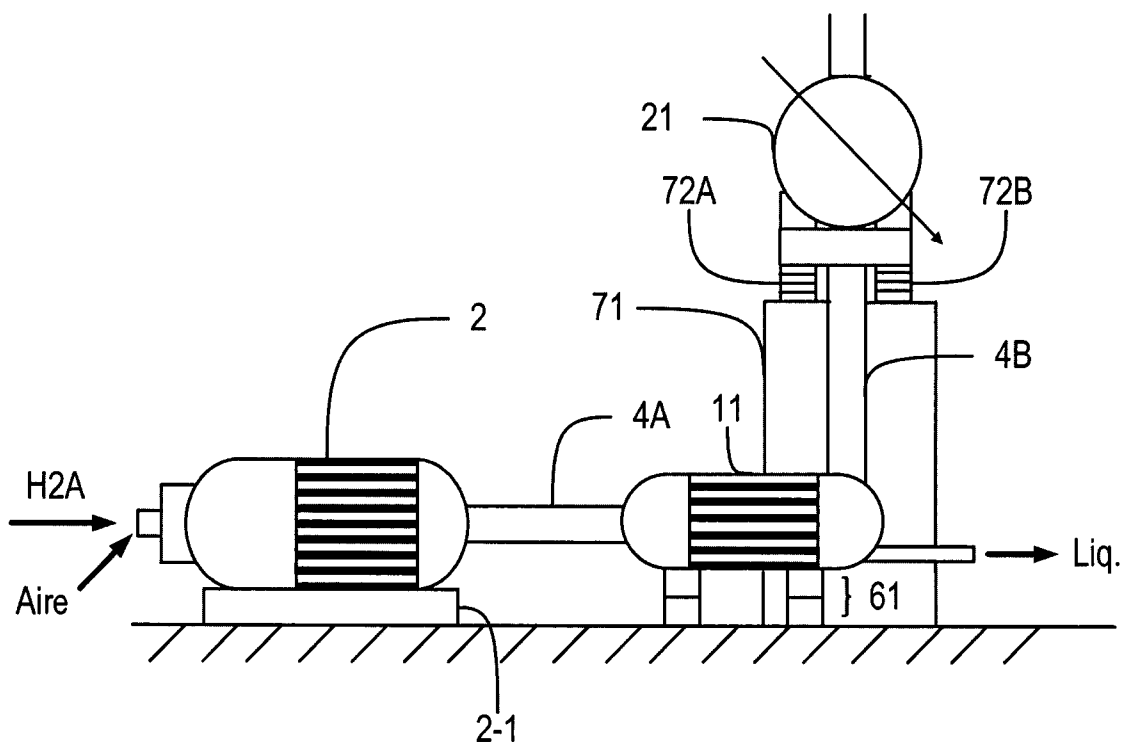


FIG. 8

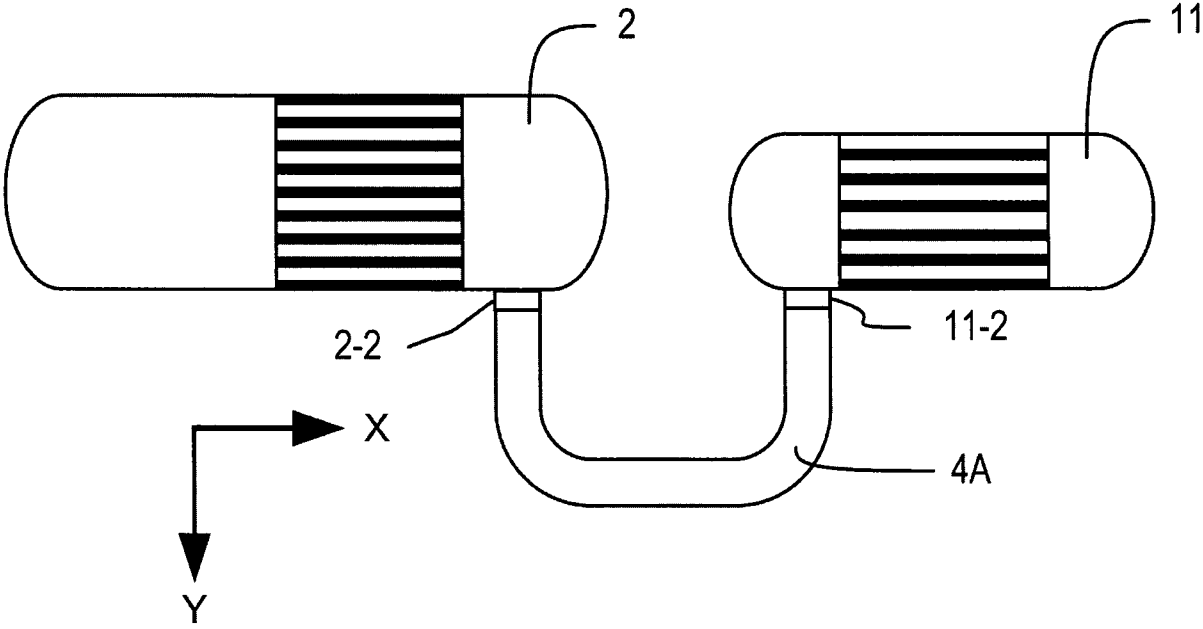


FIG. 9

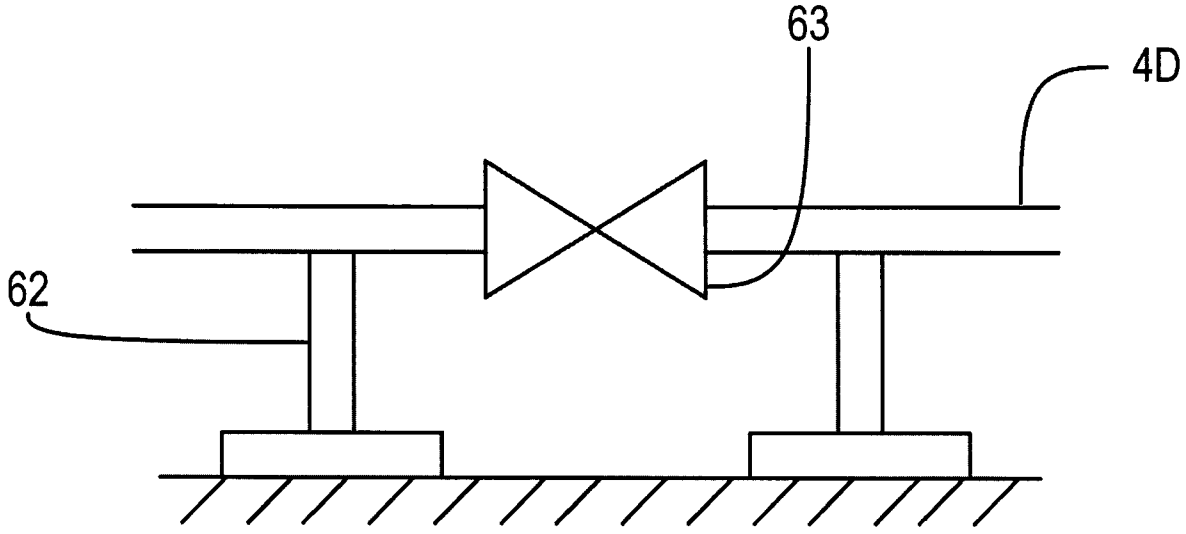
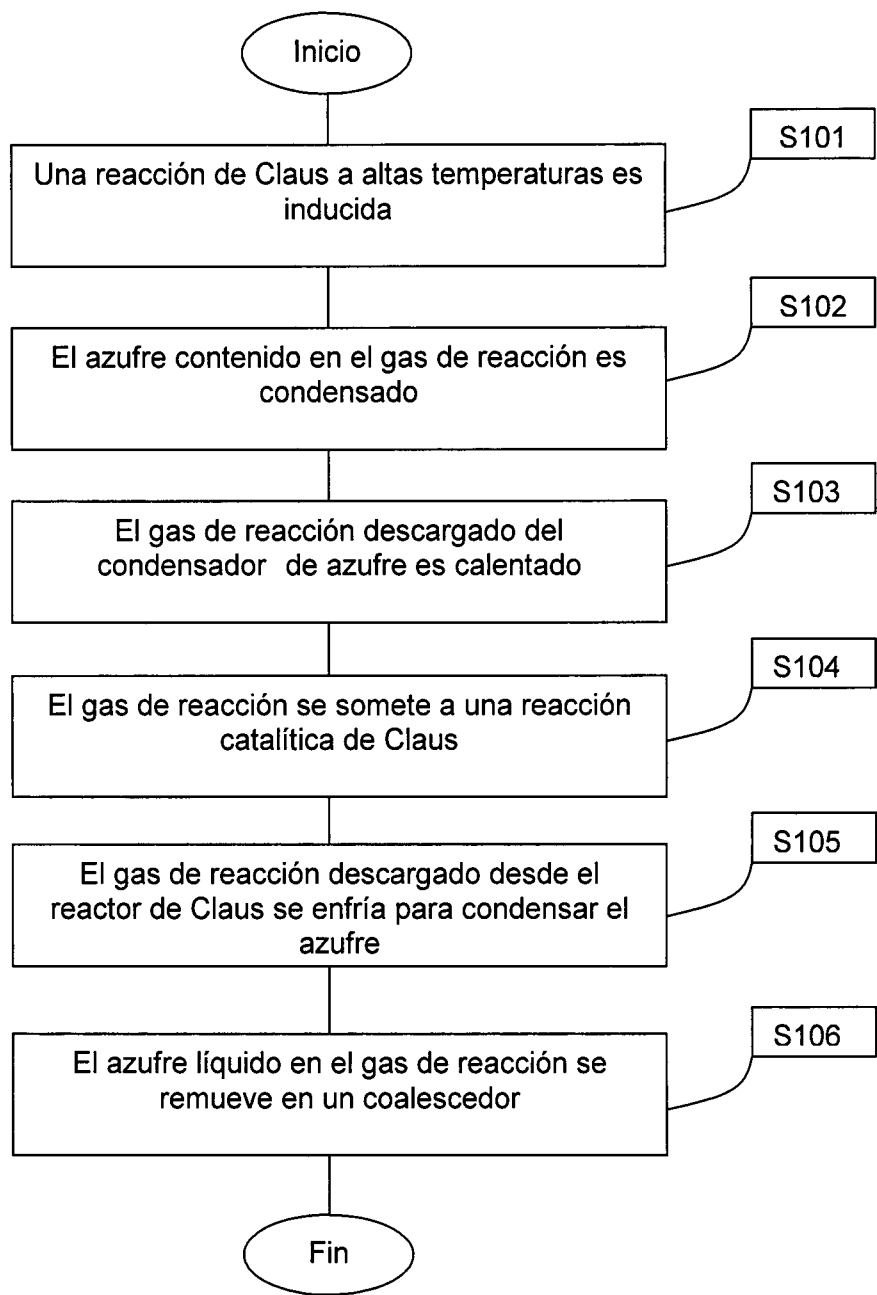


FIG. 10



CPT\CPT\ID-276999\WPC20535



(12) **United States Patent**
Kamisuki et al.

(10) **Patent No.:** **US 8,778,297 B2**
(45) **Date of Patent:** **Jul. 15, 2014**

(54) **SULFUR RECOVERY UNIT AND SULFUR RECOVERY METHOD**

(75) **Inventors:** **Tatsuo Kamisuki**, Kanagawa (JP); **Hiroyuki Kosasayama**, Kanagawa (JP); **Yasushi Yamada**, Kanagawa (JP); **Shingo Arai**, Kanagawa (JP); **Mitsuru Kida**, Kanagawa (JP)

(73) **Assignee:** **JGC Corporation**, Tokyo (JP)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) **Appl. No.:** **14/007,971**

(22) **PCT Filed:** **Apr. 2, 2012**

(86) **PCT No.:** **PCT/JP2012/059016**

§ 371 (c)(1),
(2), (4) **Date:** **Sep. 27, 2013**

(87) **PCT Pub. No.:** **WO2012/133904**

PCT Pub. Date: **Oct. 4, 2012**

(65) **Prior Publication Data**

US 2014/0017162 A1 Jan. 16, 2014

(30) **Foreign Application Priority Data**

Mar. 31, 2011 (JP) 2011-080338

(51) **Int. Cl.**

C01B 17/04 (2006.01)
B01D 53/52 (2006.01)
B01D 53/74 (2006.01)
B01D 53/76 (2006.01)
B01J 12/00 (2006.01)
B01J 8/04 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**

CPC **C01B 17/0447** (2013.01); **B01J 12/00** (2013.01); **B01J 8/0419** (2013.01); **B01J**

2208/00256 (2013.01); **C01B 17/0404** (2013.01); **B01J 2208/0053** (2013.01); **C01B 17/0417** (2013.01)

USPC **423/573.1**; 423/574.1; 422/168; 422/169; 422/170; 422/177; 422/180

(58) **Field of Classification Search**

USPC 423/573.1, 574.1; 422/168, 169, 170, 422/177, 180

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,198,386 A * 4/1980 Laslo et al. 423/574.1
2005/0235926 A1 * 10/2005 Thielert et al. 122/13.01

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

JP 2007-526205 9/2007
OTHER PUBLICATIONS

“International Preliminary Report on Patentability of PCT application”; this report contains the following items :Form PCT/IB/373, PCT/ISA237(cover sheet), PCT/ISA237(Box No. I),PCT/ISA237(Box No. V),PCT/ISA237(Box No. VIII), issued on Oct. 8, 2013, which is English translation of “Written Opinion of the International Searching Authority”, p. 1-p. 10.
“International Search Report (Form PCT/ISA/210)”, mailed on May 1, 2012, with English translation thereof, p. 1-p. 4.

* cited by examiner

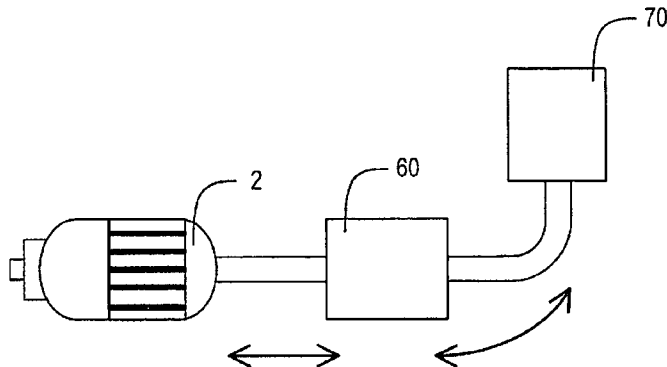
Primary Examiner — Timothy Vanoy

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Jianq Chyun IP Office

(57) **ABSTRACT**

A sulfur recovery unit comprising: a reaction furnace configured to carry out a high-temperature Claus reaction between hydrogen-sulfide-containing gas and oxygen-containing gas introduced to the reaction furnace; a sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the reaction furnace and condense sulfur contained in the reaction gas; and a pipe that connects the reaction furnace to the sulfur condenser, wherein the reaction furnace is fixed to the ground; and the sulfur condenser and the pipe are arranged so as to be able to move relative to the reaction furnace.

13 Claims, 7 Drawing Sheets



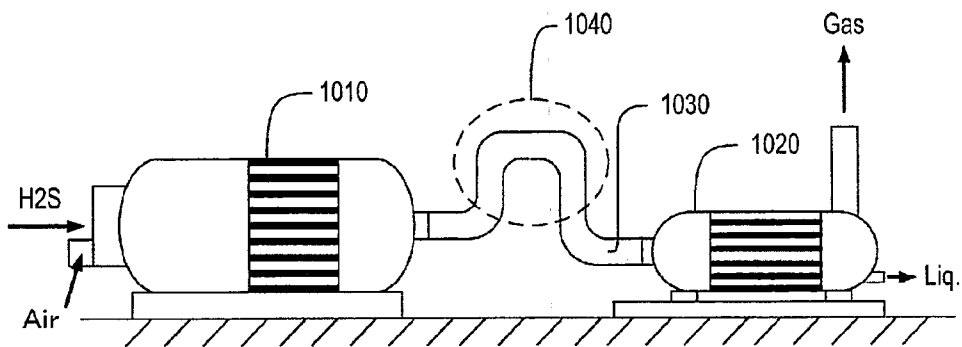


FIG. 1 (PRIOR ART)

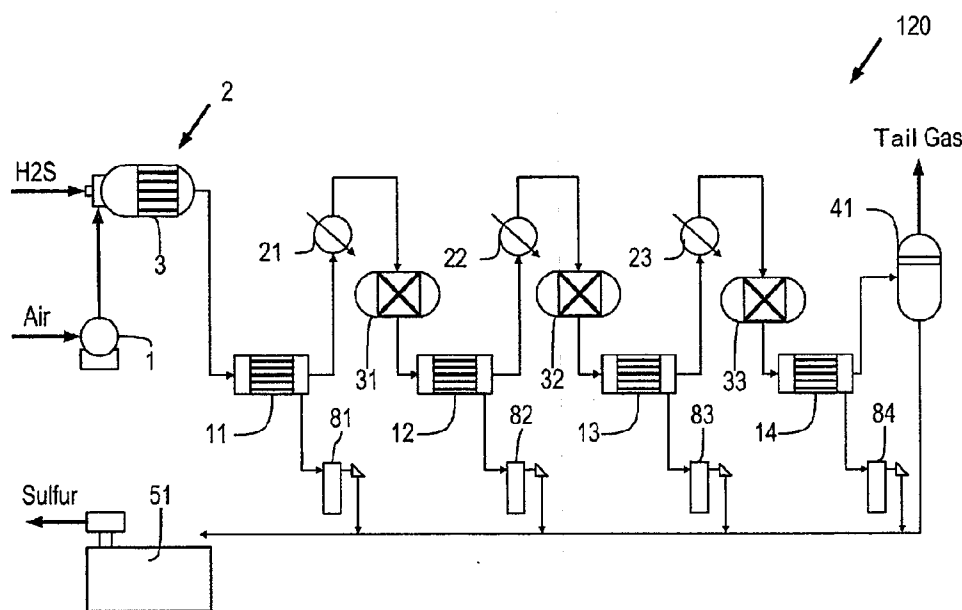


FIG. 2

56

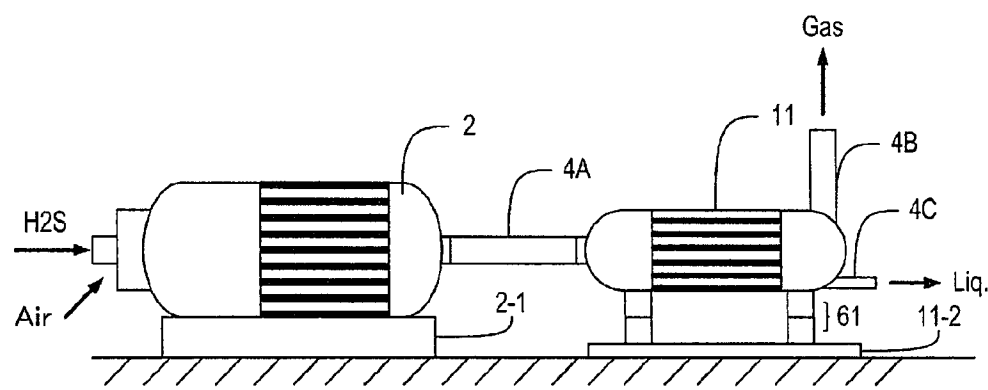


FIG. 3A

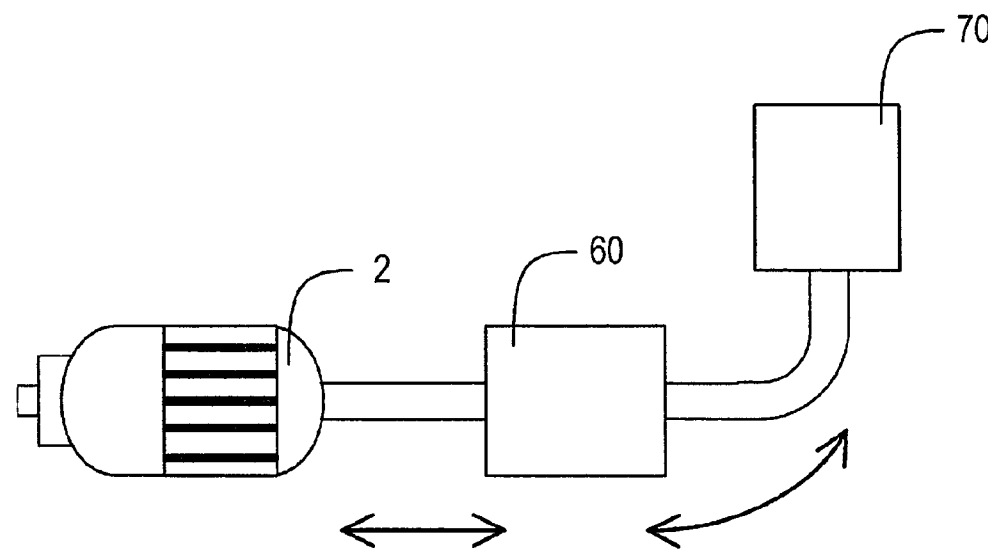


FIG. 3B

57

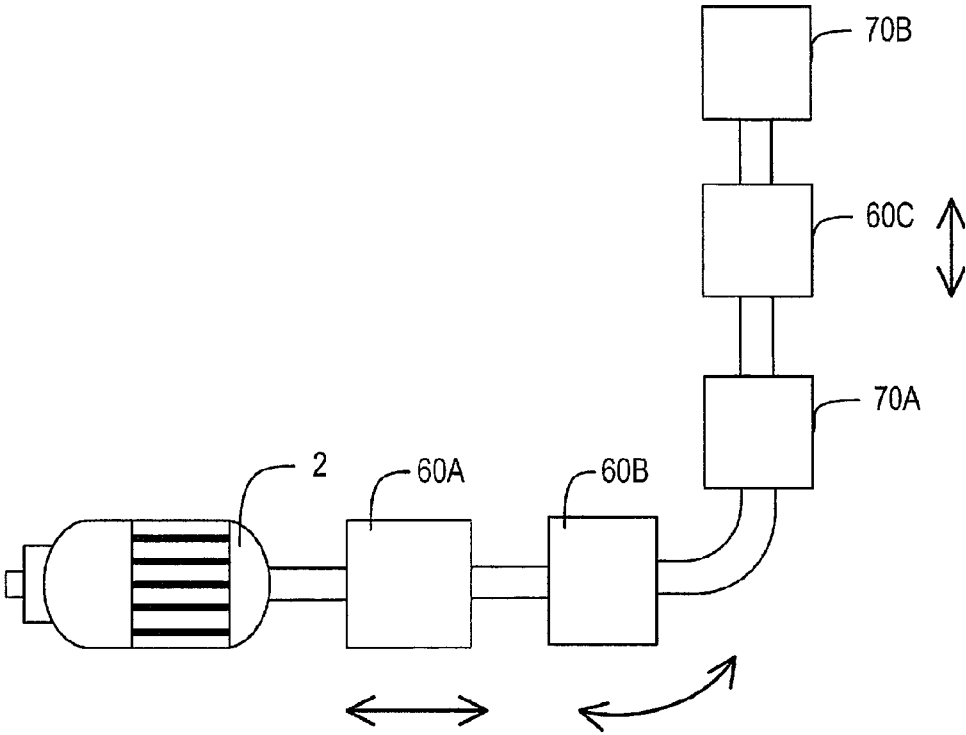


FIG. 3C

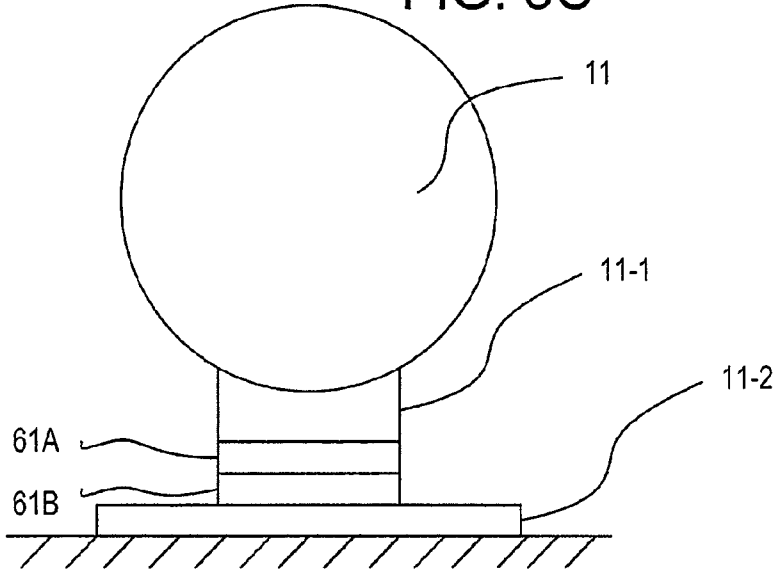


FIG. 4

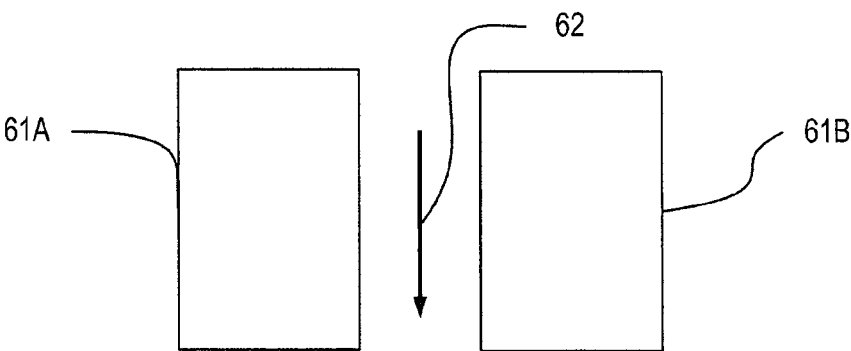


FIG. 5

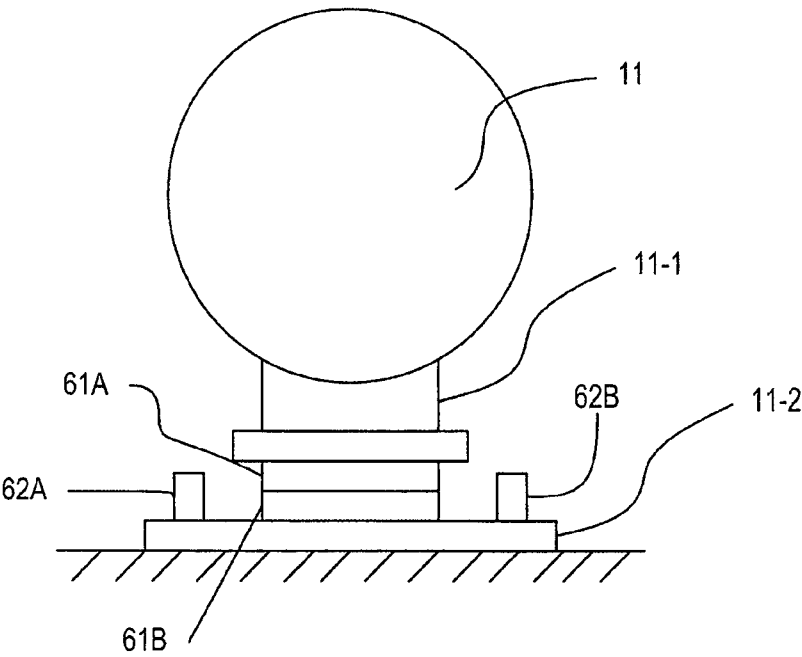


FIG. 6A

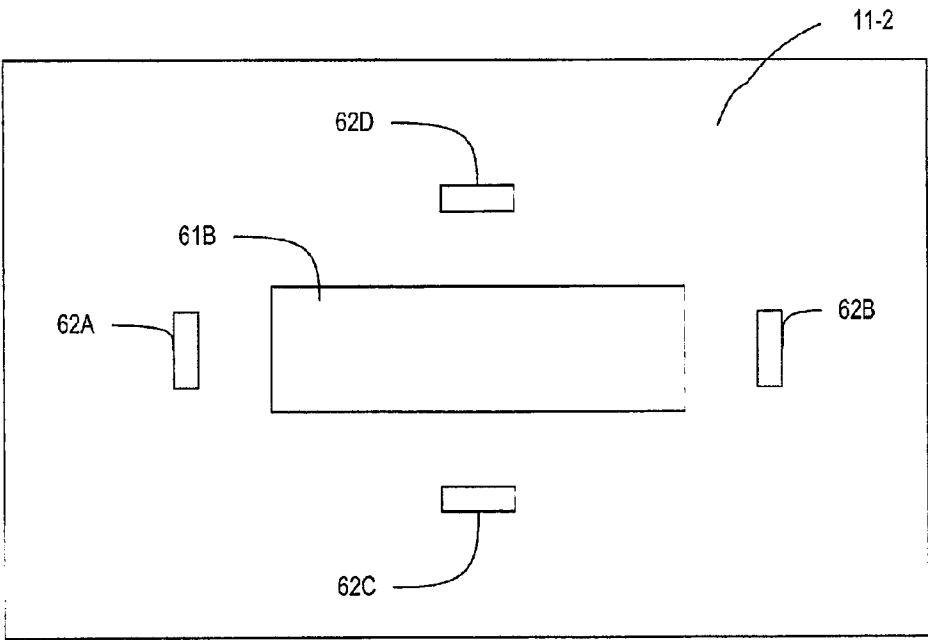


FIG. 6B

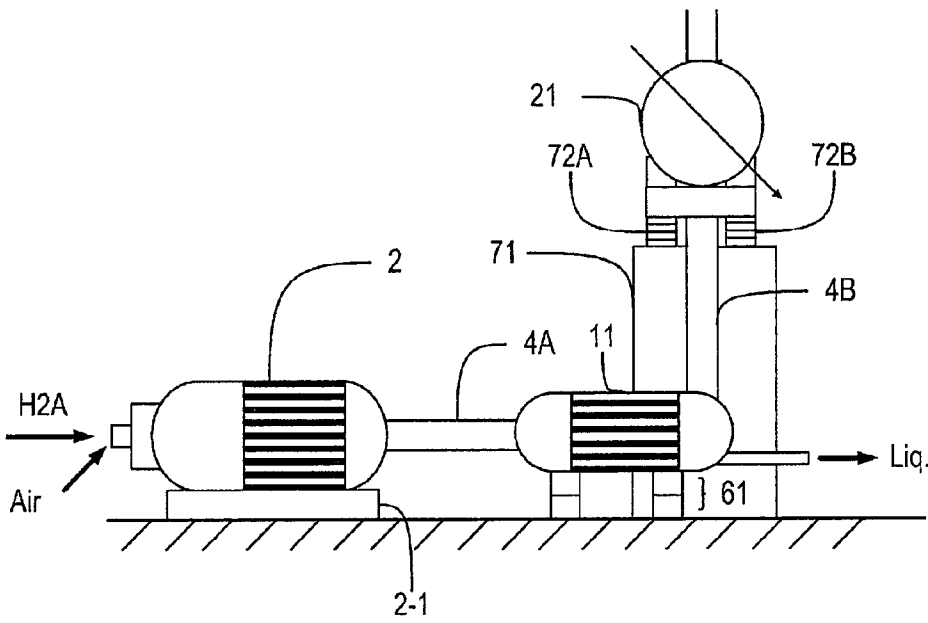


FIG. 7

60

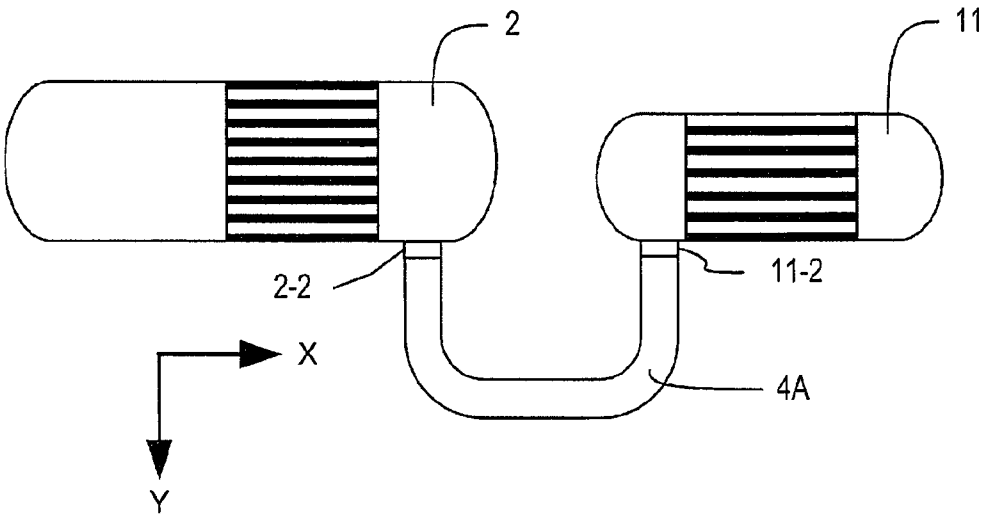


FIG. 8

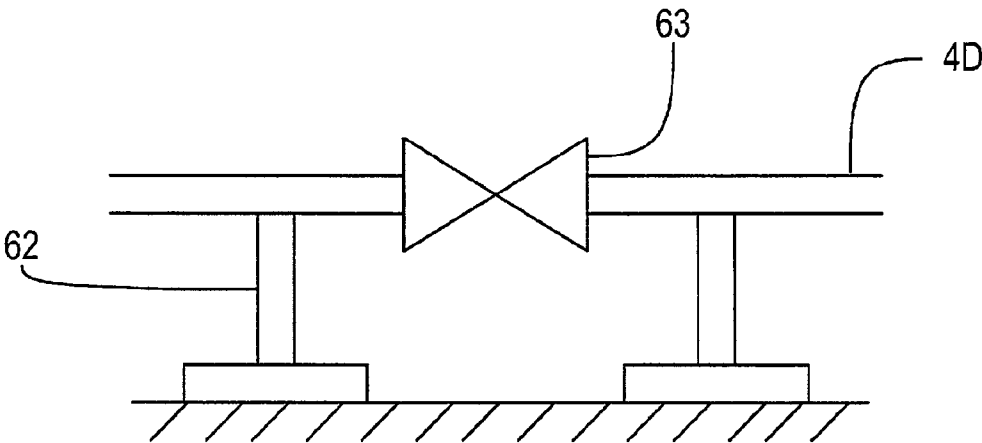


FIG. 9

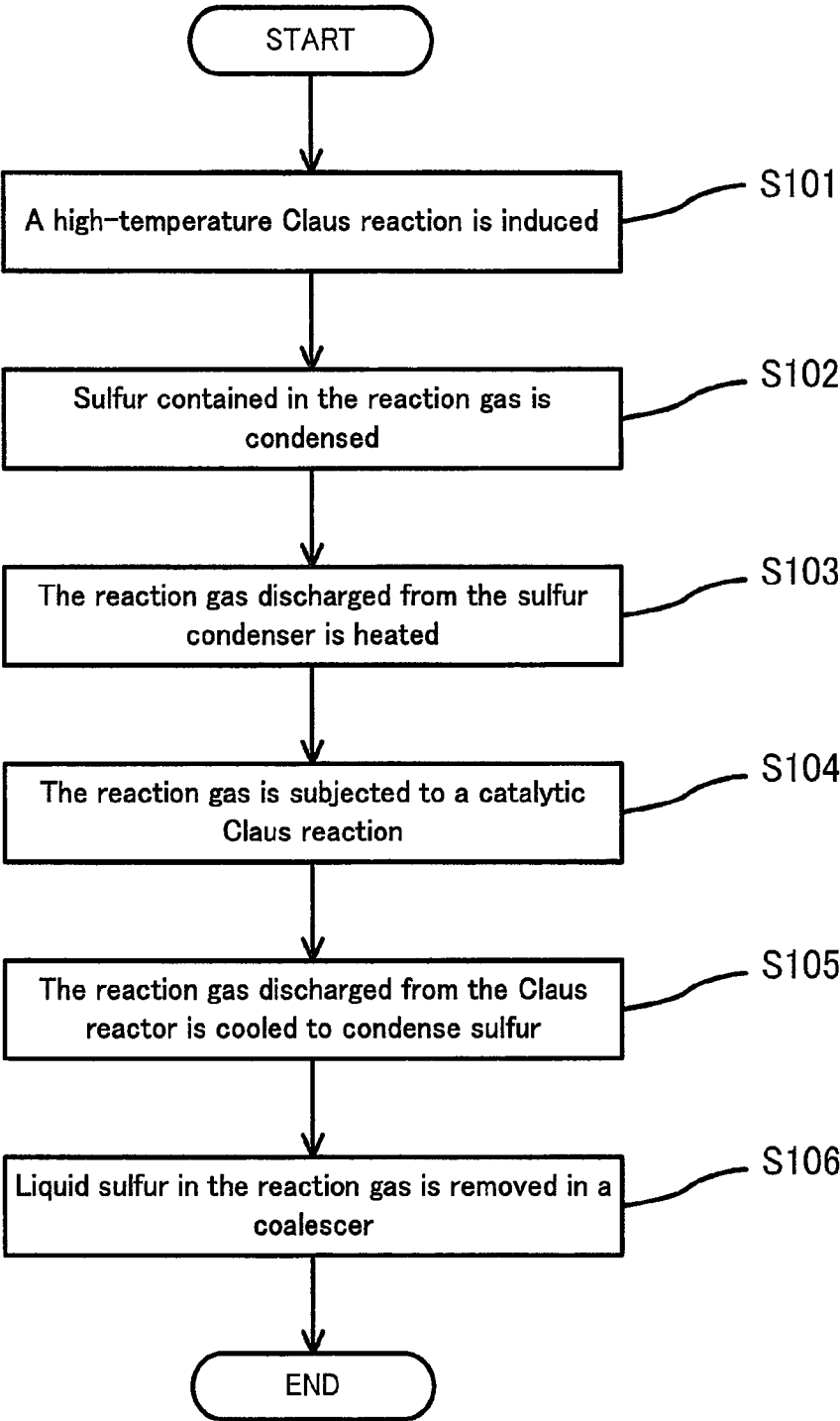


FIG. 10

1
SULFUR RECOVERY UNIT AND SULFUR
RECOVERY METHOD

CROSS-REFERENCE TO RELATED
APPLICATION

This application is a 371 application of an international PCT application serial no. PCT/JP2012/059016, filed on Apr. 2, 2012, which claims the priority benefit of Japan application no. 2011-080338, filed on Mar. 31, 2011. The entirety of each of the above-mentioned patent applications is hereby incorporated by reference herein and made a part of this specification.

FIELD

The present invention relates to a sulfur recovery unit and a sulfur recovery method for recovering elemental sulfur from hydrogen-sulfide-containing gas, which are suitable for use in a gas plant that continuously treats large quantities of gas, such as natural gas, containing hydrogen-sulfide-containing gas to produce purified gas.

BACKGROUND

Natural gas produced from natural gas wells contains sulfur compounds such as hydrogen sulfide, other sulfides, and thiophene. Crude oil from oil wells also contains sulfur compounds. Hydrocracking of crude oil produces hydrogen sulfide along with light gases. Since sulfur compounds turn into anticatalysts during reaction processes and into sulfur oxides (SOx) when burned, sulfur components are usually separated and recovered and not discharged directly. Because natural gas wells with low sulfur compound contents have been exploited actively first, natural gas currently produced from the remaining natural gas wells has sulfur compound concentrations as high as about 40% by weight.

Hence, gas plants and oil refinery plants are equipped with sulfur recovery units (hereinafter "SRUs") that absorb and separate hydrogen sulfide from natural gas with high hydrogen sulfur contents or from light gas and recover elemental sulfur. Recent SRUs have grown in size to accommodate the increase in sulfur compound concentration.

An SRU includes a reaction furnace configured to carry out a high-temperature Claus reaction. According to a high-temperature Claus reaction, hydrogen sulfide is reacted with oxygen in air at high temperatures to obtain elemental sulfur (S₂) and water (H₂O) from hydrogen sulfide (H₂S). The high-temperature Claus reaction is carried out at a temperature over 850° C.

The reaction furnace also serves as a waste heat boiler (WHB) in order to effectively use reaction heat generated by the Claus reaction. In a WHB, the reaction gas is subjected to primary cooling and heat is recovered as high-pressure steam. Since the reaction gas contains remaining sulfur compounds such as hydrogen sulfide and sulfur oxides, an SRU is further equipped with a reactor configured to heat the reaction gas, which has been subjected to primary cooling, with low-pressure steam to induce a catalytic Claus reaction and convert unreacted hydrogen sulfide into elemental sulfur. Sulfur in the gas that has reacted in the reaction furnace or reactor is cooled to about 140° C. and is recovered as liquid sulfur. An SRU process is, for example, disclosed in Patent literature No. 1.

Since the reaction gas has a high temperature as discussed above, the pipes and devices constituting the SRU expand due to heat as the temperature rises. However, since the displacement thereof is restrained, thermal stresses are generated.

Accordingly, measures against thermal expansion have been taken in the pipes and devices constituting the SRU, such as increasing the strength of surrounding portions of nozzles of the devices so that the surrounding portions have a sufficient strength against thermal stresses generated in the nozzle section or installing pipe structures that absorb thermal expansion or contraction so as to decrease thermal stresses generated in the pipe and the nozzle section. Such pipe structures are installed in the middle of pipes and bent into a ring shape so as to absorb the expansion or contraction generated by the temperature difference and are thus called "expansion loops".

FIG. 1 is a diagram illustrating an example of a typical SRU. The SRU in FIG. 1 includes a reaction furnace 1010 for mixing and incinerating hydrogen sulfide (H₂S) and air to carry out a high-temperature Claus reaction, a condenser 1020 that cools the reaction gas, and a pipe 1030 that connects the reaction furnace 1010 and the condenser 1020. The pipe 1030 includes an expansion loop 1040. The reaction furnace 1010, the condenser 1020, and the pipe 1030 thermally expand when heated to high temperatures and thermal stresses are generated as a result. Deformation caused by the thermal expansion is absorbed by elastic deformation of the expansion loop 1040 of the pipe 1030 between the reaction furnace 1010 and the condenser 1020. This decreases the thermal stresses applied to the nozzles of devices. In order to avoid excessive deformation due to thermal stresses, the nozzles of the reaction furnace 1010 and the condenser 1020 are designed to have a thickness and strength sufficient to withstand the thermal stresses. In order to ensure there be sufficient elastic deformation in a direction of the thermal expansion or thermal contraction, the expansion loop is provided in a direction orthogonal to the direction of thermal expansion or thermal contraction. In FIG. 1, only one expansion loop is provided. However, two or more expansion loops are desirably provided when the displacement caused by thermal expansion or thermal contraction of the pipe is expected to be large.

CITATION LIST

Patent Literature

Patent literature No. 1: Japanese Laid-open Patent Publication No. 2007-526205.

SUMMARY

Technical Problem

In the case of steel materials, thermal expansion and thermal contraction can be theoretically determined from the thermal expansion coefficients and the temperature difference. Theoretically, the devices and pipe expand during operation when the temperature increases, and return to their original positions when the operation is discontinued and temperature decreases. However, in actual plants, sliding device saddles and pipe support points do not always return to their original positions. This is because the temperature of the pipe system does not necessarily increase or decrease uniformly or at a particular rate. Furthermore, "stress relaxation" occurs where a pipe has deformed during operation and absorbed thermal elongation, thereby causing the saddles and support points not to return to their original positions.

When the devices and pipe do not return to their original positions, the positions of the devices and pipe change as a result of repeated thermal expansion and thermal contraction, resulting in instability of system behavior. As a result, an

3

unexpected load may act on the nozzles of devices and pipe support points. To address this, anchor points and guide supports are provided in the reaction furnace 1010 and the devices and pipes downstream of the reaction furnace 1010 so as to stabilize the behavior of the system from the reaction furnace to the anchor point. Then measures for absorbing thermal expansion that occurs in the line from the reaction furnace 1010 to the anchor point downstream of the reaction furnace are needed.

In a typical SRU, devices constituting the SRU are fixed in place and deformation caused by thermal expansion is absorbed by pipes between devices. Thus, expansion loops have been provided and the shape of the pipes has become complex in order to enhance flexibility. In recent years, the size of SRU plants has increased and the amount of the hydrogen sulfide gas processed has increased to, for example, 4000 ton/day. An 80-inch pipe is employed in such a plant. In order to impart a deformation-absorbing function to a loop with a pipe size of 80 inches, an expansion loop as large as about 12 m x 8 m in size is needed and the area needed to install the whole unit is also large. This expansion loop increases the amount of pipe materials needed and the length of the piping, increases the size of the plant layout of the SRU, and raises the cost.

An object of an aspect of the present invention is to reduce the expansion loops for absorbing thermal expansion and thermal contraction and reduce the size of the layout.

Solution to Problem

Embodiments that address the above-described object are as follows.

1. A sulfur recovery unit including: a reaction furnace configured to carry out a high-temperature Claus reaction between hydrogen-sulfide-containing gas and oxygen-containing gas introduced to the reaction furnace; a first sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the reaction furnace and condense sulfur contained in the reaction gas; a reheater configured to re-heat condensed gas discharged from the first sulfur condenser; a catalytic Claus reactor configured to conduct a catalytic Claus reaction of reaction gas discharged from the reheater; a second sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the catalytic Claus reactor and condense sulfur contained in the reaction gas; and a separator that allows sulfur droplets accompanying reaction gas discharged from the second sulfur condenser to collide with each other and removes the droplets thereby made larger, wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the catalytic Claus reactor, the second sulfur condenser, and the separator are fixed to ground, and a device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction. The sulfur recovery unit is to reduce the number of the expansion loops for absorbing thermal expansion and thermal contraction and reduce the size of the layout.

2. The sulfur recovery unit according to Item 1, further including: a second reheater configured to re-heat condensed gas discharged from the second sulfur condenser; a second catalytic Claus reactor configured to conduct a catalytic Claus reaction of reaction gas discharged from the second reheater; and a third sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the second catalytic Claus reactor and condense sulfur contained in the reaction gas, wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group

4

consisting of the reheater, the second reheater, the catalytic Claus reactor, the second catalytic Claus reactor, the second and third sulfur condensers, and the separator are fixed to ground, and a device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

3. The sulfur recovery unit according to Item 2, further including: a third reheater configured to re-heat condensed gas discharged from the third sulfur condenser; a third catalytic Claus reactor configured to conduct a catalytic Claus reaction of reaction gas discharged from the third reheater; and a fourth sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the third catalytic Claus reactor and condense sulfur contained in the reaction gas, wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second and third reheaters, the catalytic Claus reactor, the second and third catalytic Claus reactors, the second to fourth sulfur condensers, and the separator are fixed to ground; and a device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

4. The sulfur recovery unit according to any one of Items 1 to 3, further including a pipe that connects the reaction furnace to the sulfur condenser, the pipe having a letter U shape so that thermal expansion or thermal contraction is not restrained. Because the pipe has the letter U shape, thermal expansion or thermal contraction in a front end direction of the letter U is not restrained and thermal stresses due to the thermal expansion or thermal contraction in the front end direction do not occur in the pipe, and the thermal stresses appeared in the pipe are reduced.

5. The sulfur recovery unit according to any one of Items 1 to 4, further including: a foundation section fixed to ground, wherein the sulfur condenser is disposed on the foundation section so as to be able to move, and the foundation section has a slip-prevention member that restrains movements of the sulfur condenser. In addition, devices or pipes whose movements are restrained by the slip-prevention member undergo thermal expansion but the thermal expansion is absorbed by stress relaxation. Therefore, even when the thermal expansion and contraction are restrained by the slip-prevention member, the thermal stresses generated in the pipe are small, the force (load) generated in a pipe system is redistributed, and excessively large thermal stresses do not occur in a nozzle section or the pipe system.

6. The sulfur recovery unit according to any one of Items 1 to 5, wherein the reheater heats the reaction gas discharged from the sulfur condenser and is disposed above the sulfur condenser so as to be able to move relative to the sulfur condenser, and the reheater includes a supporting member that supports the reheater and allows the reheater to undergo displacement in a vertical direction. An upward force is applied to the supporting member of the reheater. Because the supporting member allows displacements of the pipe in a perpendicular direction, the reheater is arranged so as to be able to move in the perpendicular direction relative to the sulfur condenser, a restraining force in the direction of movements caused by thermal expansion is reduced, and the number of expansion loops between the movable devices can be decreased and the layout can be further reduced in size.

7. The sulfur recovery unit according to any one of Items 1 to 6, wherein the reheater, the catalytic Claus reactor, and the

5

second sulfur condenser are arranged so as to be able to move and the separator is fixed in place relative to a horizontal direction.

8. A sulfur recovery method for recovering sulfur from hydrogen sulfide-containing gas and oxygen-containing gas, the method including: introducing hydrogen-sulfide-containing gas and oxygen-containing gas into a reaction furnace and carrying out a high-temperature Claus reaction between the hydrogen-sulfide-containing gas and the oxygen-containing gas; cooling reaction gas discharged from the reaction furnace to condense sulfur contained in the reaction gas by using a first sulfur condenser; re-heating condensed gas, which has been discharged from the first sulfur condenser, by using a reheater; carrying out a catalytic Claus reaction of reaction gas, which has been discharged from the reheater, by using a catalytic Claus reactor; cooling reaction gas discharged from the catalytic Claus reactor to condense sulfur contained in the reaction gas by using a second sulfur condenser; and allowing sulfur droplets accompanying reaction gas discharged from the second sulfur condenser to collide with each other and removing the droplets thereby made larger by using a separator, wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the catalytic Claus reactor, the second sulfur condenser, and the separator are fixed to ground, and a device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction. Since the pressure loss occurring in pipes used in the sulfur recovery method of present embodiment is small, the pressure for feeding oxygen-containing gas can be decreased.

9. The sulfur recovery method according to Item 8, further including: re-heating condensed gas, which has been discharged from the second sulfur condenser, by using a second reheater; carrying out a catalytic Claus reaction of reaction gas by using a second catalytic Claus reactor, the reaction gas being discharged from the second reheater; and cooling reaction gas discharged from the second catalytic Claus reactor and condensing sulfur contained in the reaction gas by using a third sulfur condenser, wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second reheater, the catalytic Claus reactor, the second catalytic Claus reactor, the second and third sulfur condensers, and the separator are fixed to ground, and a device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

10. The sulfur recovery method according to Item 9, further including: re-heating condensed gas, which has been discharged from the third sulfur condenser, by using a third reheater; carrying out a catalytic Claus reaction of reaction gas by using a third catalytic Claus reactor, the reaction gas being discharged from the third reheater; and cooling reaction gas discharged from the third catalytic Claus reactor and condensing sulfur contained in the reaction gas by using a fourth sulfur condenser, wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second and third reheaters, the catalytic Claus reactor, the second and third catalytic Claus reactors, the second to fourth sulfur condensers, and the separator are fixed to ground, and a device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when

6

the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

11. The sulfur recovery method according to any one of Items 8 to 10, wherein a pipe that connects the reaction furnace to the sulfur condenser has a letter U shape so that thermal expansion or thermal contraction is not restrained.

12. The sulfur recovery method according to any one of Items 8 to 11, wherein the sulfur condenser is disposed on a foundation section so as to be able to move, and the foundation section is fixed to ground and has a slip-prevention member that restrains movements of the sulfur condenser.

13. The sulfur recovery method according to any one of Items 8 to 12, wherein the reheater heats the reaction gas discharged from the sulfur condenser and is disposed above the sulfur condenser and arranged so as to be able to move relative to the sulfur condenser; a second pipe connects the sulfur condenser to the reheater; and the reheater includes a supporting member that supports the reheater and allows the reheater to undergo displacement in a vertical direction.

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

FIG. 1 is a diagram illustrating one example of a pipe used in a sulfur recovery unit;

FIG. 2 is a diagram illustrating one example of a sulfur recovery unit;

FIG. 3A is a side views illustrating one example of arrangement of a sulfur recovery unit;

FIG. 3B is a plan view illustrating an example of arrangement of a reactor and a sulfur condenser;

FIG. 3C is a plan view illustrating an example of arrangement of a reactor and a sulfur condenser;

FIG. 4 is a diagram illustrating an example of arrangement of a sulfur recovery unit;

FIG. 5 is a side view illustrating an example of a device equipped with a sliding section;

FIG. 6A is a side view illustrating an example of slip-prevention members;

FIG. 6B is a top view illustrating an example of slip-prevention members;

FIG. 7 is a diagram illustrating an example of arrangement of a sulfur recovery unit;

FIG. 8 is a plan view illustrating an example of arrangement of a reactor and a sulfur condenser;

FIG. 9 is a diagram illustrating a valve installed in a pipe of a sulfur recovery unit; and

FIG. 10 is a flowchart illustrating a sulfur recovery method according to an embodiment.

DESCRIPTION OF EMBODIMENTS

1. Sulfur Recovery Unit

FIG. 2 is a diagram illustrating an example of a sulfur recovery unit. A sulfur recovery unit (SRU) 120 in FIG. 2 includes an air blower 1, a reaction furnace 2, a first sulfur condenser 11, a second sulfur condenser 12, a third sulfur condenser 13, a fourth sulfur condenser 14, a first reheater 21, a second reheater 22, a third reheater 23, a first Claus reactor 31, a second Claus reactor 32, a third Claus reactor 33, a coalescer 41, a sulfur pit 51, a first seal leg 81, a second seal leg 82, a third seal leg 83, and a fourth seal leg 84.

The reaction furnace 2 burns hydrogen sulfide along with air sent from the air blower 1 at high temperature to oxidize hydrogen sulfide and separate hydrogen sulfide into sulfur (S₂) and water (H₂O). This reaction is called "high-temperature Claus reaction". The high-temperature Claus reaction is described below by using formulae 1 and 2.

The reaction furnace 2 includes a waste heat boiler 3. The waste heat boiler 3 induces heat exchange between the reaction gas and boiler feed water (BFW) to cool the reaction gas and generate high-pressure or medium-pressure steam.

The first sulfur condenser 11 cools sulfur contained in the reaction gas discharged from the reaction furnace 2 and condenses (liquefies) sulfur. Liquid sulfur discharged from the first sulfur condenser 11 passes through a free drain pipe. The free drain pipe is communicated with the sulfur liquid in the first seal leg 81 to seal the reaction portion on the side of the first sulfur condenser 11 side.

The first seal leg 81 is cylindrical or rectangular prism in shape and maintained at a pressure close to atmospheric pressure. However, since the pressure in the first sulfur condenser 11 is high, the height of the first seal leg 81 is designed to maintain a sufficient sulfur liquid depth so as to prevent the sulfur liquid in the first seal leg 81 from being blow away and to keep the sealing function. The sulfur liquid retained in the first seal leg 81 overflows when a particular liquid height needed for sealing is exceeded and flows into the sulfur pit 51. The sulfur pit 51 is usually located underground so that the liquid sulfur supplied from the seal legs is recovered by a free drain system. The second seal leg 82, the third seal leg 83, and the fourth seal leg 84 have the same function as the first seal leg 81.

The temperature of the catalytic Claus reaction is higher than the temperature at which the sulfur is cooled to liquid. Thus, the first reheater 21 reheats the reaction gas, from which sulfur has been separated by the first sulfur condenser 11, to the reaction temperature of the catalytic Claus reaction.

The first Claus reactor 31 includes an oxidation catalyst layer that catalyzes the reaction of hydrogen sulfide remaining in the reaction gas and a Claus catalyst layer that catalyzes the reaction between sulfur dioxide and hydrogen sulfide in the reaction gas and generates sulfur-containing reaction gas. The Claus catalyst layer is provided downstream of the oxidation catalyst layer. The catalyst that catalyzes oxidation of hydrogen sulfide is preferably at least one selected from the group consisting of $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{NiO-Al}_2\text{O}_3$, TiO_2 , $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2$, and $\text{MoO}_3\text{-TiO}_2$. The Claus catalyst may be alumina or titania used in typical processes.

The first Claus reactor 31 allows the oxidation catalyst layer and the Claus catalyst layer to come into contact with reaction gas discharged from the first sulfur condenser 11 to perform a catalytic Claus reaction and generate sulfur.

The reaction gas discharged from the first Claus reactor 31 is fed to the second sulfur condenser 12 to cool the reaction gas and condense sulfur as in the first sulfur condenser 11. In this embodiment, the number of Claus reactors is three. However, this number changes depending on the sulfur conversion rate of each reaction. For example, when the sulfur conversion rate of each Claus reactor is high or when the sulfur yield of SRU is to be decreased, the number of Claus reactors may be 2.

As with the first sulfur condenser 11, the second sulfur condenser 12 and the third sulfur condenser 13 each condense sulfur and feed liquid sulfur to the sulfur pit 51 and unreacted hydrogen sulfide to a reheater downstream. As with the first Claus reactor 31, the second Claus reactor 32 and the third Claus reactor 33 allow a catalytic Claus reaction to occur and generate sulfur from hydrogen sulfide.

The coalescer 41 removes liquid sulfur in the reaction gas by using a filter that causes sulfur droplets accompanying the reaction gas discharged from the fourth sulfur condenser 14 to contact each other and thereby increases the size of droplets. The coalescer 41 then feeds sulfur to the sulfur pit 51.

2. Sulfur Recovery Process

Hydrogen sulfide is oxidized through a high-temperature Claus reaction in the reaction furnace 2 and gives sulfur (S_2) and water (H_2O). The reaction is represented by formulae 1 and 2 below:



The high-temperature Claus reaction is performed at 1000° C. to 1400° C.

The waste heat boiler 3 of the reaction furnace 2 cools the reaction gas having a temperature of 1000° C. to 1400° C. to a temperature in a range of 250° C. to 400° C. by using BFW. The reaction gas from which heat is recovered in the waste heat boiler 3 is further cooled to 130° C. to 150° C. in a sulfur condenser to condense and separate sulfur in the reaction gas. The sulfur conversion rate of the high-temperature Claus reaction performed in the reaction furnace 2 is about 70%. Hydrogen sulfide remaining in the reaction gas and sulfur dioxide generated by combustion are fed to a Claus reactor downstream of the reaction furnace 2 and hydrogen sulfide is converted into sulfur by using a catalyst.

The pressure of the sulfur recovery unit 120 decreases from the reaction furnace 2 toward the outlet of the coalescer 41 due to pressure losses in devices and pipes. In other words, the pressure in the reaction furnace 2 is the highest. As the sulfur recovery unit 120 grows in size, the capacity of the air blower 1 that supplies oxygen in formula 1 by supplying air is increased and the increase in discharge pressure increases the power the air blower 1 needs. Accordingly, the power of the air blower 1 can be lowered by decreasing the pressure losses in the devices and pipes of the sulfur recovery unit 120. In the sulfur recovery unit 120 according to the present invention, the size of layout is reduced and the pipe length is shortened. Thus, the pressure losses in the pipe can be reduced and the power of the air blower 1 can be decreased in the sulfur production process. Moreover, since the operating pressure is low, the height of the seal leg for sealing can be decreased.

The catalytic Claus reaction involves the same chemical reaction as formula 2 and gives sulfur. However, the reaction temperature is lower than that of the high-temperature Claus reaction and is about a temperature (240° C. to 350° C.) equal to or higher than the dew point of sulfur. The reaction gas cooled by the sulfur condenser and discharged from the sulfur condenser is reheated to a reaction temperature of the catalytic Claus reaction in a reheater and fed to the Claus reactor.

In order to increase the sulfur recovery rate from unreacted gas, two or more sets of a sulfur condenser, a reheater, and a Claus reactor are provided. In the example illustrated in FIG. 2, sulfur is recovered by using three sets of reactors and ultimately 98% of sulfur components are recovered as sulfur. The unreacted gas separated with the coalescer 41 is tail gas and supplied to a tail gas treating unit (TGT) not illustrated in FIG. 2. TGT removes sulfur remaining in the gas by using an amine solution or the like and burns the tail gas with flares.

3. Arrangement of Sulfur Recovery Unit

FIG. 3A is a side view illustrating an example of arrangement of a sulfur recovery unit. FIG. 3 illustrates the reaction furnace 2 and the first sulfur condenser 11 as part of the sulfur recovery unit 120 in FIG. 2. The reaction furnace 2 and the first sulfur condenser 11 are connected to each other through a pipe 4A through which reaction gas flows. The reaction furnace 2 is fixed to the ground to prevent moving. For example, the reaction furnace 2 is fixed with bolts to a foundation 2-1 fixed to the ground. The first sulfur condenser 11 feeds reaction gas unreacted in the reaction furnace 2 to the first reheater 21 (not illustrated in FIG. 3) downstream

through a pipe 4B. Liquid sulfur (Liq.) obtained by condensation is discharged to the sulfur pit 51 through a pipe 4C.

3.1. Movements of Devices in Horizontal Direction

The first sulfur condenser 11 has a sliding section 61. The sliding section 61 reduces the frictional force between the first sulfur condenser 11 and the ground and the first sulfur condenser 11 is arranged so as to be able to move relative to the ground and the reaction furnace 2. For example, when the pipe 4A thermally expands, the first sulfur condenser 11 also thermally expands in a horizontal direction (reaction gas downstream direction) because the reaction furnace 2 is immovable. Since the first sulfur condenser 11 is able to move, the first sulfur condenser 11 can move in response to displacements caused by thermal expansion of the reaction furnace 2, the pipe 4A, and the first sulfur condenser 11. As a result, the pipe 4A no longer needs a large expansion loop as illustrated in FIG. 1, the distance between the reaction furnace 2 and the first sulfur condenser 11 can be decreased, and the size of the layout of the SRU can be reduced.

3.2 Thermal Stress Analysis of an Integrated Model Constituted by Devices and Pipes

FIGS. 3B and 3C are each a plan view illustrating an example of an arrangement of a sulfur recovery unit. In FIG. 3B, a fixed device 70 is fixed in place at the downstream of a reaction furnace 2 and a device 60 is arranged so that it can move relative to the reaction furnace 2 and the fixed device 70. The fixed device 70 is, for example, at least one device selected from a reheater, a catalytic Claus reactor, a second sulfur condenser, and a separator. As illustrated in FIG. 3C, a sulfur recovery unit 120 may include a plurality of fixed devices 70A and 70B, the reactor 2, a plurality of movable devices 60A and 60B between the reactor 2 and the fixed device 70A, and a movable device 60C between the fixed devices 70A and 70B. The movable devices are devices that constitute the sulfur recovery unit 120 but are not fixed devices.

The device 60 is arranged so that it can move and absorb the thermal stress in the case where the temperature is increased by a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction. Usually, in plant designing, all devices are fixed and thermal stresses that are generated in the pipes between the devices are calculated. In this case, there is a need to provide bends and expansion loops in the pipe system in order to absorb thermal stresses. However, when this usual designing is implemented on a sulfur recovery unit that involves large pipe diameters and handles high temperatures, a large number of large expansion loops and a huge pipe layout are desirably provided. Thus, in a sulfur recovery unit of this embodiment, devices in the middle are left without being fixed so that they can move and absorb thermal stresses. As a result, a significantly compact design that provides a linear layout pipe system is realized. Since a plurality of devices move simultaneously, thermal stress analysis must be integrally conducted on a sulfur recovery unit constituted by a plurality of devices. The amount of movement caused by thermal expansion and contraction is estimated by analysis and the device 60 is arranged so that the device does not fall off the foundation. As a result, the device 60 moves and absorbs the thermal stress but does not fall off the foundation. Thus, the sulfur recovery unit can be operated smoothly.

Thermal stress analysis is carried out by executing a thermal stress analysis program through a computer. First, a model of devices and pipes is constructed based on material characteristics and shape. The temperature/pressure conditions and boundary conditions for the model of the devices and pipes are assigned and thermal stress analysis is carried out on an entire model including the devices and pipes to

calculate the stresses and loads imposed on the devices by numerical analysis. Conditions that restrain thermal expansion and weights of the devices and pipes are considered as the boundary conditions. However, in constructing a model, a range from a fixed point to a fixed point needs to be included. Accordingly, when some of the devices are left slidable without being fixed, these devices must be installed between fixed devices. This makes it inappropriate to conduct partial analysis and thus an integral analysis is desirable. The thermal stress analysis is usually conducted by a finite element method (FEM) or the like.

FIG. 4 is a side view illustrating an example of a device having a sliding section. A sliding section 61 illustrated in the drawing is, for example, constituted by a sliding plate 61A and a sliding plate 61B. The sliding plate 61A, which reduces frictional force, is provided at the end of a leg portion 11-1 of the first sulfur condenser 11 and the sliding plate 61B is provided on a foundation 11-2 on the ground. Since the first sulfur condenser 11 is arranged on the ground with the sliding plate 61A and the sliding plate 61B therebetween, the first sulfur condenser 11 can easily move relative to the ground.

FIG. 5 is a top view illustrating examples of sliding plates. The sliding plate 61A and the sliding plate 61B are illustrated in FIG. 5. The sliding plates 61A and 61B are arranged by considering the thermal expansion of the pipe 4A in FIG. 3 so that the longitudinal direction of the sliding plates coincides with a direction 62 in which the pipe 4A undergoes displacement. In this manner, the sliding plate 61A can be prevented from falling off the sliding plate 61B. The coefficient of friction between the sliding plate 61A and the sliding plate 61B is smaller than the coefficient of friction between the first sulfur condenser 11 and the foundation 11-2 without the sliding plate 61A and the sliding plate 61B. Accordingly, the frictional force acting on the first sulfur condenser 11 can be decreased by using the sliding plate 61A and the sliding plate 61B.

FIG. 6A is a side view illustrating examples of slip-prevention members. As illustrated in the drawing, a slip-prevention member 62A and a slip-prevention member 62B are disposed on the foundation 11-2 and beside the sliding plate 61A and the sliding plate 61B. FIG. 6B is a top view illustrating examples of slip-prevention members. In FIG. 6B, the first sulfur condenser 11 is omitted from the drawing. As illustrated in the drawing, slip-prevention members 62A to 62D are arranged on the foundation 11-2 and beside the sliding plate 61B. The slip-prevention members 62A to 62D restrain the movements of the sliding plate 61A and prevent devices from falling off the foundation. Accordingly, even when the pipe undergoes stress relaxation and the position of the first sulfur condenser 11 gradually changes, the movements are restrained by the slip-prevention members and the devices can be prevented from falling off the foundation. The devices and pipes whose movements are restrained by the slip-prevention members undergo thermal expansion but the thermal expansion is absorbed by stress relaxation. Thus, even when the thermal expansion and contraction are restrained by the slip-prevention members, the magnitude of the thermal stresses generated in the pipes is small, the force (load) generated in the pipe system is redistributed, and excessively large thermal stresses do not occur in the nozzle section or the pipe system.

The positional relationship between the slip-prevention members and the sliding plates can be determined based on the frictional force of the device. When the weight of the device is large and the frictional force is large, the device does not move easily. Thus, the distance between the slip-prevention members and the sliding plates is decreased.

11

3.3. Movements of Device in Perpendicular Direction

FIG. 7 is a drawing illustrating an example of arrangement of a sulfur recovery unit. FIG. 7 illustrates the reaction furnace 2, the first sulfur condenser 11, and the first reheater 21 which are part of the sulfur recovery unit 120 illustrated in FIG. 2. The reaction furnace 2, the first sulfur condenser 11, and the first reheater 21 are connected to one another through the pipes 4A and 4B through which the reaction gas flows. The first reheater 21 is arranged so as to be able to move relative to the first sulfur condenser 11. The first reheater 21 heats the reaction gas fed from the first sulfur condenser 11 to the reaction temperature of the catalytic Claus reaction and feeds the heated reaction gas to the first Claus reactor 31 downstream thereof.

The first reheater 21 is disposed on spring supports 72A and 72B on a rack 71. The spring supports 72A and 72B allow the pipe to undergo displacements in a vertical direction and thus have a fluctuating supporting capacity. When the pipe 4B thermally expands, upward force works on the side of the spring support 72A/72B the first reheater 21. The spring supports 72A and 72B allow displacements of the pipe 4B in the vertical direction and expand. As a result, the first reheater 21 is arranged so as to be able to move in the perpendicular direction relative to the first sulfur condenser 11.

As illustrated in FIG. 7, adjacent devices connected by pipes are arranged so as not to restrain movements of one another. Thus, the restraining force in the direction of movements caused by thermal expansion is reduced. As a result, the number of the expansion loops between the movable devices can be decreased and the size of the layout of the SRU can be further reduced.

3.4. Devices to be Made Immovable

FIGS. 4 and 7 are used to illustrate that movements of the first sulfur condenser 11 and the first reheater 21 are not restrained. All other sulfur condensers, reheaters, and Claus reactors may be arranged so as to be able to move in a horizontal direction or perpendicular direction relative to the ground or the upstream device as with the first sulfur condenser 11.

In this embodiment, as illustrated in FIG. 2, all movable devices except the coalescer 41 are arranged so as to be oriented horizontally. The devices oriented horizontally do not tilt even when they are moved. Accordingly, the devices oriented horizontally are arranged to be able to move except for the reaction furnace 2. In contrast, the coalescer 41 is arranged so as to be oriented vertically. Since a device vertically oriented is unstable when moved, the coalescer 41 is fixed to the ground. In sum, in the SRU according to this embodiment, the reaction furnace 2, which is located furthestmost upstream in the SRU, and the coalescer 41, which is located furthestmost downstream in the SRU, are the only devices that are made immovable, and the devices located between the reaction furnace 2 and the coalescer 41 are movable. As a result, the expansion loops for pipes between the reaction furnace 2 and the coalescer 41 can be eliminated as much as possible, and the size of the layout of the SRU can be reduced.

4. Shape of Pipes

As described above, pipe structures for absorbing thermal expansion and thermal contraction are no longer needed in the sulfur recovery unit 120 in which the devices downstream of the reaction furnace 2 are able to move. However, since movable devices are placed on the ground with gravity acting thereon, frictional force is generated between the devices and the ground. As a result, the frictional force obstructs movements of the devices and generates thermal stresses in the pipes.

12

FIG. 8 is a plan view illustrating an example of arrangement of a reaction furnace and a sulfur condenser. The pipe 4A connecting the reaction furnace 2 to the first sulfur condenser 11 does not directly connect the devices at opposing positions as illustrated in FIG. 3 but rather the pipe 4A connects a nozzle 2-2 and a nozzle 11-2 respectively provided at the side faces of the devices and has a letter U shape. Since the reaction furnace 2 is fixed to the ground, the connecting portion between the pipe 4A and the reaction furnace 2 is restrained and parts downstream of the connecting portion are able to move. However, since frictional force is generated between the first sulfur condenser 11 and the ground due to the weight of the first sulfur condenser 11, thermal stresses occur in the pipe 4A.

In the example illustrated in FIG. 8 in which the pipe 4A has a letter U shape, thermal expansion or thermal contraction in the Y direction illustrated in FIG. 8 is not restrained and thermal stresses due to the thermal expansion or thermal contraction in the Y direction do not occur in the pipe 4A. In contrast, movements in the X direction illustrated in FIG. 8 generate frictional force due to the first sulfur condenser 11 and thus thermal stresses occur in the pipe 4A. However, when the pipe 4A can freely move in the Y direction, thermal stresses are not generated in the Y direction and thus the thermal stresses on the pipe 4A can be reduced.

Whereas the expansion loop illustrated in FIG. 1 is installed in the middle of the pipe and has a supplementary shape suitable for such an installation, the letter U shape illustrated in FIG. 8 differs from that shape in that the letter U shape is needed for providing a connection between nozzles at the side faces of the devices. Whereas the expansion loop in FIG. 1 is provided to absorb thermal expansion and contraction generated in a pipe whose movements are restrained, the pipe in FIG. 8 designed to have a letter U-shape itself undergoes thermal expansion and contraction. When the positions of nozzles of the devices and the pipe are arranged so that the pipe has a letter U shape and the thermal expansion and contraction are not restrained, the pipe does not have to include an expansion loop even when frictional force occurs due to the movements of the movable devices. Thus, the size of the layout of the SRU can be reduced.

5. Valve

FIG. 9 is a diagram illustrating a valve installed in a pipe of a sulfur recovery unit. In recent years, the throughput of SRUs has increased and the size of pipes is sometimes as large as about 80 inches. Installing a valve 63 in a pipe 4D having a large diameter increases the weight of the whole pipe since the pipe size is large. Thus, a support 62 that supports the pipe 4D is desirably provided. Since frictional force is generated between the support 62 and the pipe 4D, movements of the pipe 4D are restrained. This frictional force prevents the pipes from moving and generates thermal stresses in the pipe. In the SRU according to this embodiment, there is no need to provide valves in the pipes from the reaction furnace 2 to the coalescer 41. The SRU need not have any valves since a series of devices downstream of the reaction furnace 2 are continuously and simultaneously operated and there is no need to divide the line in the middle. Moreover, since rotating devices, such as pumps and compressors, whose operation range is limited are not included in the SRU, there is no need to provide control valves. Accordingly, the pipes used in the SRU according to this embodiment do not have any valves and are thus light-weight. As a result, the pipes can move easily in response to thermal expansion and thermal contraction and the thermal stresses generated by the frictional force caused by the weight of the pipe are reduced. Thus, expansion loops for valves are not needed.

6. Sulfur Recovery Method

FIG. 10 is a flowchart of a sulfur recovery method according to an embodiment. First, hydrogen-sulfide-containing gas and oxygen-containing gas are introduced into a reaction furnace and a high-temperature Claus reaction is induced between hydrogen-sulfide-containing gas and the oxygen-containing gas (S101). Next, the reaction gas discharged from the reaction furnace is cooled and sulfur contained in the reaction gas is condensed (S102). The reaction gas discharged from the sulfur condenser is heated with a reheater arranged above the sulfur condenser so as to be able to move relative to the sulfur condenser (S103). The reaction gas discharged from the reheater is subjected to a catalytic Claus reaction in a Claus reactor (S104). The reaction gas discharged from the Claus reactor is cooled to condense sulfur with a sulfur condenser (S105). In order to increase the recovery rate of the sulfur components from the unreacted gas, two or more sets of the sulfur condenser, the reheater, and the reactor are provided and the condensing step S102, the heating step S103, the catalytic Claus reaction step S104, and the condensing step S105 are repeatedly performed in accordance with the number of the sets. After the steps S102 to S105, liquid sulfur in the reaction gas is removed in a coalescer by using a filter that causes sulfur droplets accompanying the reaction gas discharged from the sulfur condenser to contact each other to increase the size of the droplets (S106). Liquid sulfur is recovered in a sulfur pit.

Since the pressure loss occurring in pipes used in this sulfur recovery method is small, the pressure for feeding oxygen-containing gas can be decreased.

All examples and conditional language recited herein are intended for pedagogical purposes to aid the reader in understanding the invention and the concepts contributed by the inventor to furthering the art, and are to be construed as being without limitation to such specifically recited examples and conditions, nor does the organization of such examples in the specification relate to a showing of the superiority and inferiority of the invention. Although the embodiments of the present invention have been described in detail, it should be understood that the various changes, substitutions, and alterations could be made hereto without departing from the spirit and scope of the invention.

What is claimed:

1. A sulfur recovery unit comprising:
 - a reaction furnace configured to carry out a high-temperature Claus reaction between hydrogen-sulfide-containing gas and oxygen-containing gas introduced to the reaction furnace;
 - a first sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the reaction furnace and condense sulfur contained in the reaction gas;
 - a reheater configured to re-heat condensed gas discharged from the first sulfur condenser;
 - a catalytic Claus reactor configured to conduct a catalytic Claus reaction of reaction gas discharged from the reheater;
 - a second sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the catalytic Claus reactor and condense sulfur contained in the reaction gas; and
 - a separator that allows sulfur droplets accompanying reaction gas discharged from the second sulfur condenser to collide with each other and removes the droplets thereby made larger,wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the catalytic Claus reactor, the second sulfur condenser, and the separator are fixed to ground, and

any device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

2. The sulfur recovery unit according to claim 1, further comprising:
 - a second reheater configured to re-heat condensed gas discharged from the second sulfur condenser;
 - a second catalytic Claus reactor configured to conduct a catalytic Claus reaction of reaction gas discharged from the second reheater; and
 - a third sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the second catalytic Claus reactor and condense sulfur contained in the reaction gas,wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second reheater, the catalytic Claus reactor, the second catalytic Claus reactor, the second and third sulfur condensers, and the separator are fixed to ground, and any device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.
3. The sulfur recovery unit according to claim 2, further comprising:
 - a third reheater configured to re-heat condensed gas discharged from the third sulfur condenser;
 - a third catalytic Claus reactor configured to conduct a catalytic Claus reaction of reaction gas discharged from the third reheater; and
 - a fourth sulfur condenser configured to cool reaction gas discharged from the third catalytic Claus reactor and condense sulfur contained in the reaction gas,wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second and third reheaters, the catalytic Claus reactor, the second and third catalytic Claus reactors, the second to fourth sulfur condensers, and the separator are fixed to ground; and any device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.
4. The sulfur recovery unit according to Claim 1, further comprising a pipe that connects the reaction furnace to the first sulfur condenser, the pipe having a letter U shape so that thermal expansion or thermal contraction is not restrained.
5. The sulfur recovery unit according to Claim 1, further comprising:
 - a foundation section fixed to ground,wherein the first or second sulfur condenser is disposed on the foundation section so as to be able to move, and the foundation section has a slip-prevention member that restrains movements of the first or second sulfur condenser.
6. The sulfur recovery unit according to Claim 1, wherein the reheater is disposed above the first sulfur condenser so as to be able to move relative to the first sulfur condenser, and the reheater includes a supporting member that supports the reheater and allows the reheater to undergo displacement in a vertical direction.
7. The sulfur recovery unit according to Claim 1, wherein the reheater, the catalytic Claus reactor, and the second sulfur

15

condenser are arranged so as to be able to move and the separator is fixed in place relative to a horizontal direction.

8. A sulfur recovery method for recovering sulfur from hydrogen sulfide-containing gas and oxygen-containing gas, the method comprising:

introducing hydrogen-sulfide-containing gas and oxygen-containing gas into a reaction furnace and carrying out a high-temperature Claus reaction between the hydrogen-sulfide-containing gas and the oxygen-containing gas; cooling reaction gas discharged from the reaction furnace to condense sulfur contained in the reaction gas by using a first sulfur condenser;

re-heating condensed gas, which has been discharged from the first sulfur condenser, by using a reheater;

carrying out a catalytic Claus reaction of reaction gas, which has been discharged from the reheater, by using a catalytic Claus reactor;

cooling reaction gas discharged from the catalytic Claus reactor to condense sulfur contained in the reaction gas by using a second sulfur condenser; and

allowing sulfur droplets accompanying reaction gas discharged from the second sulfur condenser to collide with each other and removing the droplets thereby made larger by using a separator,

wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the catalytic Claus reactor, the second sulfur condenser, and the separator are fixed to ground, and

any device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

9. The sulfur recovery method according to claim 8, further comprising:

re-heating condensed gas, which has been discharged from the second sulfur condenser, by using a second reheater; carrying out a catalytic Claus reaction of reaction gas by using a second catalytic Claus reactor, the reaction gas being discharged from the second reheater; and

cooling reaction gas discharged from the second catalytic Claus reactor and condensing sulfur contained in the reaction gas by using a third sulfur condenser,

wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second reheater, the catalytic Claus reactor, the second catalytic Claus reactor, the second and third sulfur condensers, and the separator are fixed to ground, and

16

any device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

10. The sulfur recovery method according to claim 9, further comprising:

re-heating condensed gas, which has been discharged from the third sulfur condenser, by using a third reheater;

carrying out a catalytic Claus reaction of reaction gas by using a third catalytic Claus reactor, the reaction gas being discharged from the third reheater; and

cooling reaction gas discharged from the third catalytic Claus reactor and condensing sulfur contained in the reaction gas by using a fourth sulfur condenser,

wherein the reaction furnace and at least one device selected from the group consisting of the reheater, the second and third reheaters, the catalytic Claus reactor, the second and third catalytic Claus reactors, the second to fourth sulfur condensers, and the separator are fixed to ground, and

any device positioned between the fixed devices is disposed so as to be able to move relative to the fixed devices so that thermal stresses can be absorbed even when the temperature is increased due to a high-temperature Claus reaction or a catalytic Claus reaction.

11. The sulfur recovery method according to claim 8, wherein a pipe that connects the reaction furnace to the first sulfur condenser has a letter U shape so that thermal expansion or thermal contraction is not restrained.

12. The sulfur recovery method according to claim 8, wherein the first or second sulfur condenser is disposed on a foundation section so as to be able to move, and the foundation section is fixed to ground and has a slip-prevention member that restrains movements of the first or second sulfur condenser.

13. The sulfur recovery method according to claim 8, wherein the reheater is disposed above the first sulfur condenser and arranged so as to be able to move relative to the first sulfur condenser;

a second pipe connects the sulfur condenser to the reheater; and

the reheater includes a supporting member that supports the reheater and allows the reheater to undergo displacement in a vertical direction.

* * * * *