

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 175**

51 Int. Cl.:

F04D 25/16 (2006.01)

F04D 27/02 (2006.01)

F04D 29/58 (2006.01)

F25B 6/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2010 PCT/US2010/038283**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.01.2011 WO11005410**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010 E 10730917 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2446148**

54 Título: **Instalación de un compresor de múltiples etapas**

30 Prioridad:

24.06.2009 US 490819

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

05.01.2017

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US**

72 Inventor/es:

**BAKER, ROBERT LEROY;
GOODBAND, JEFFREY CHARLES;
JIBB, RICHARD JOHN y
ROYAL, JOHN HENRI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 596 175 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Instalación de un compresor de múltiples etapas

5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere a una instalación de un compresor de múltiples etapas en la que las etapas de compresión accionadas independientemente utilizan compresores centrífugos con refrigeradores intermedios conectados de tal manera que las salidas se encuentran situadas en oposición a las entradas de los compresores y los conductos que conectan los refrigeradores intermedios a las etapas se encuentran en una relación en línea para inhibir la formación de caídas de presión entre las etapas. Más en particular, la presente invención se refiere a una instalación de este tipo de compresores en la que los conductos incorporan secciones de transición estrechadas progresivamente configuradas de tal manera que la velocidad de flujo disminuye gradualmente hacia el refrigerador intermedio y aumenta gradualmente desde el refrigerador intermedio a la siguiente etapa de compresión posterior.

15 Antecedentes de la Invención

Los gases son comprimidos en muchos tipos diferentes de instalaciones industriales y con una variedad de propósitos. Por ejemplo, el aire es comprimido, enfriado e introducido en una o más columnas de destilación en una planta de separación de aire. En un licuador, un gas es comprimido y enfriado suficientemente para convertirlo en un líquido. Hay muchos otros ejemplos de instalaciones industriales en las que los gases son comprimidos.

20 En el documento GB - A - 2 024 328 se describe una instalación de un compresor de múltiples etapas como se define en la parte precharacterizadora de la reivindicación 1.

25 En cualquier instalación, aunque se pueda utilizar una única etapa de compresión para comprimir el gas, el gas es comprimido más típicamente en múltiples etapas del compresor secuenciales. La razón de esto es que a medida que el gas es comprimido, su temperatura aumenta. La elevada temperatura del gas requiere un incremento de potencia para comprimir el gas. En una instalación típica de un compresor que utiliza etapas individuales, cada etapa utiliza un compresor centrífugo en el que los gases que entran en una entrada al compresor son distribuidos a una rueda del compresor con álabes que gira para acelerar el gas y, por tanto impartir la energía de rotación al gas. Este incremento en la energía es acompañado por un incremento de la velocidad y un incremento de presión. La presión se recupera en un difusor de álabes o sin álabes que rodea a la rueda del compresor y funciona para reducir la velocidad del gas y de esta manera aumentar la presión de gas del gas comprimido. El gas comprimido es descargado por una voluta de una configuración en forma de espiral que termina en una salida del compresor. De esta manera, el gas es descargado desde la salida en ángulo recto con el gas que entra para ser comprimido.

35 Puesto que el gas ha sido comprimido, su temperatura también ha aumentado. El gas comprimido calentado es enfriado entre las etapas del compresor por refrigeradores intermedios en los que el gas comprimido calentado es enfriado por medio de un intercambio de calor indirecto con un refrigerante, por ejemplo, aire o agua.

40 Típicamente, la instalación de un compresor de múltiples etapas que se ha descrito más arriba es accionada por una caja de engranajes común que tiene un motor eléctrico que acciona una corona dentada principal que a su vez acciona los piñones que están conectados a los árboles del compresor que hacen rotar las ruedas del compresor. Puesto que el gas es comprimido gradualmente de etapa en etapa, cada piñón del compresor puede girar a una velocidad y con un par motor diferentes en relación con el incremento de presión que se debe conseguir en una etapa particular en ese piñón. Esta disposición es ventajosa en particular en una planta de separación de aire en la que es deseable que un diseño de planta común que utilizado con diferentes disposiciones de engranajes que se pueden utilizar para cumplir los requisitos de producción de una planta en particular. Además, puesto que una planta de separación de aire requiere refrigeración que es generada por turboexpansores, el trabajo de expansión puede ser recuperado fácilmente por los engranajes entre el turboexpansor y la corona dentada principal. La desventaja de esta disposición es que, puesto que las etapas de compresión están dispuestas alrededor de la corona dentada principal, las tuberías o conductos que conectan las etapas a los refrigeradores intermedios pueden llegar a ser bastante complicados. Cada curva en los conductos produce una caída de presión producida por la turbulencia inducida en el flujo por el cambio en la dirección del gas dentro de la curva. Además, puesto que los conductos conducen directamente a los refrigeradores intermedios, se produce un rápido incremento en la superficie de flujo en la conexión de los conductos al refrigerador intermedio. Este rápido incremento en la superficie de flujo también se traduce en una caída de presión debido a la turbulencia resultante que se induce en el flujo. También se pueden producir unas malas distribuciones en el flujo en el refrigerador intermedio de manera que no todos los pasajes de intercambio de calor se utilicen de manera eficaz.

60 Otra desventaja de la disposición que se ha explicado más arriba es que hay pérdidas de calor irreversibles en las cajas de engranajes utilizadas en la carcasa de la corona dentada principal y en los piñones. Además, puesto que el par se transmite en una disposición de engranajes, hay ciertos requisitos mecánicos con respecto al tamaño de los dientes de los engranajes lo que resulta en limitaciones en el tamaño de los piñones y por lo tanto, en la velocidad que puede ser inducida en cada una de las etapas de compresión. Estas limitaciones se superan mediante la

utilización de motores eléctricos de velocidad variable que accionan cada una de las etapas de compresión de forma individual. Un ejemplo de esto se muestra en la Solicitud de Patente de Estados Unidos número 2007 / 0189905 que está específicamente diseñada para superar las limitaciones que se han explicado directamente más arriba. Sin embargo, en esta solicitud de patente, no hay una apreciación de las pérdidas de presión que pueden ser inducidas debido a la conexión de los refrigeradores intermedios a las etapas de compresión.

Como se explicará, la presente invención proporciona una instalación de un compresor que utiliza compresores centrífugos y enfriamiento entre etapas en la que cada uno de los compresores es accionado de forma independiente y se coloca de manera que incorpora conexiones de baja caída de presión entre las etapas y a los refrigeradores intermedios situados entre las etapas.

Sumario de la Invención

La presente invención, en un aspecto, proporciona una instalación de un compresor de múltiples etapas que comprende dos etapas de compresión para comprimir un gas y un refrigerador intermedio situado entre las dos etapas de compresión para eliminar el calor de compresión del gas entre las dos etapas de compresión. Cada una de las dos etapas de compresión comprende un compresor centrífugo y un impulsor configurado para impulsar de forma independiente el compresor centrífugo de cada una de las dos etapas de compresión, teniendo el compresor centrífugo una entrada rodeada por una voluta y teniendo la voluta una salida orientada de manera que descargue el gas comprimido en ángulo recto a la entrada. Un conducto de entrada conecta la salida de una de las dos etapas de compresión al refrigerador intermedio y un conducto de salida conecta el refrigerador intermedio a la entrada de la otra de las dos etapas de compresión. La salida de la una de las dos etapas de compresión se encuentra sustancialmente opuesta a la entrada de la otra de las dos etapas de compresión de tal manera que el conducto de entrada y el conducto de salida están en una relación en línea para inhibir la caída de presión en el conducto de entrada y en el conducto de salida. Además, cada uno de entre el conducto de entrada y el conducto de salida está provisto de secciones de transición estrechadas progresivamente con una superficie de la sección transversal cada vez mayor en el conducto de entrada y una superficie de la sección transversal cada vez menor en el conducto de salida, de tal manera que la velocidad de flujo se reduce gradualmente en el conducto de entrada y se incrementa gradualmente en el conducto de salida para inhibir adicionalmente las caídas de presión en las conexiones entre el conducto de entrada y el refrigerador intermedio y el conducto de salida y el refrigerador intermedio.

En otro aspecto, la presente invención proporciona una instalación de un compresor de múltiples etapas que comprende una pluralidad de etapas de compresión, incluyendo al menos cuatro etapas de compresión, para comprimir un gas y refrigeradores intermedios situados entre las etapas de compresión para eliminar el calor de compresión del gas entre las etapas de compresión. Cada una de las etapas de compresión comprenden un compresor centrífugo y un impulsor configurado para impulsar de forma independiente el compresor centrífugo en cada una de las etapas de compresión. El compresor centrífugo tiene una entrada rodeada por una voluta y la voluta tiene una salida orientada con el fin de descargar el gas comprimido en ángulo recto con la entrada. Los pares de conductos conectan los refrigeradores intermedios a las etapas de compresión. Un refrigerador posterior está conectada a un final de la etapa de compresión y por lo menos uno de los pares de los conductos de tamaño más largo que al menos otro par adyacente de los pares de conductos y todas las etapas de compresión, refrigeradores intermedios y el refrigerador posterior se encuentran sustancialmente en un plano común de manera que las etapas de compresión, los refrigeradores intermedios y el refrigerador posterior están dispuestos en una configuración en forma de espiral.

Alternativamente, las etapas de compresión pueden estar dispuestas en una configuración en forma de hélice en al menos dos niveles. La configuración en forma de hélice puede ser producida orientando la voluta de cada una de las etapas de compresión de manera que la salida esté situada encima de la entrada. En otra alternativa, cuatro de las etapas de compresión pueden estar dispuestas en un plano vertical de tal manera que una segunda y una tercera de las etapas de compresión estén situadas por encima de una primera y una cuarta etapas de compresión, respectivamente.

Cualquiera de las disposiciones anteriores puede usarse sin las secciones de transición estrechadas progresivamente que conectan las etapas de compresión a los refrigeradores intermedios. Sin embargo, cada uno de los pares de conductos pueden consistir en un conducto de entrada conectado a la salida de la etapa precedente y un conducto de salida conectado a la entrada de la etapa siguiente. El conducto de entrada y el conducto de salida pueden estar provistos de secciones de transición estrechadas progresivamente con la superficie de la sección transversal cada vez mayor en el conducto de entrada y la superficie de la sección transversal cada vez menor en el conducto de salida, de tal manera que la velocidad de flujo se reduce gradualmente en el conducto de entrada y aumenta gradualmente en el conducto de salida para inhibir aún más las pérdidas de carga en las conexiones entre el conducto de entrada y el refrigerador intermedio y el conducto de salida y el refrigerador intermedio.

En cualquier realización de la presente invención, el refrigerador intermedio puede tener una carcasa en forma de caja que encierra pasajes para el intercambio indirecto de calor de la compresión del gas comprimido producido en la una de las dos etapas de compresión a un refrigerante que circula por el refrigerador intermedio. Cada una de las

secciones de transición estrechadas progresivamente pueden ser en forma de un poliedro de cuatro lados que termina en una sección transversal rectangular en las conexiones del conducto de entrada al refrigerador intermedio y en el conducto de salida y en el refrigerador intermedio

5 Adicionalmente, en cualquier realización de la presente invención, el impulsor puede ser un motor eléctrico. Un motor eléctrico de este tipo puede tener un árbol acoplado directamente al compresor y el motor puede estar configurado de tal manera que la velocidad del motor eléctrico pueda ser controlada por un controlador de velocidad. Un motor eléctrico de este tipo puede ser un motor de imán permanente.

10 Breve descripción de los dibujos

Aunque la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que claramente señalan el objeto que los solicitantes consideran como su invención, se cree que la invención se entenderá mejor cuando se considere en conexión con los dibujos que se acompañan, en los que:

15 la figura 1 es una vista en perspectiva ampliada de una realización de la presente invención;
 la figura 2 es una vista en sección de la figura 1 tomada a lo largo de la línea 2 - 2 de la figura 1;
 la figura 3 es una vista en sección de la figura 2 tomada a lo largo de la línea 3 - 3 de la figura 2;
 la figura 4 es una vista en perspectiva de una realización alternativa de la presente invención;
 la figura 5 es una vista en alzado posterior de la figura 4; y
 20 la figura 6 es una vista en perspectiva de otra realización alternativa de la presente invención.

Los números de referencia que tienen la misma descripción se han repetido en las figuras para evitar la repetición de la explicación de los mismos en la discusión que sigue.

25 Descripción detallada

Con referencia a la figura 1, se ilustra una disposición de compresor 1 de acuerdo con la presente invención que está diseñada para comprimir una corriente de gas 10 y de ese modo producir una corriente de gas comprimido 12. La corriente de gas 10 es comprimida en cuatro etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 en la producción de la corriente de gas comprimido 12.

30 Cada una de las cuatro etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 está provista de un compresor centrífugo 22 de diseño conocido que tiene una entrada 24, una voluta 26 y una salida 28. Cada compresor 22 puede ser diferente de los otros debido a que cada uno puede incorporar un diseño que está configurado específicamente para producir el incremento de presión deseado y un efecto aerodinámico para conseguir la máxima eficiencia en una manera bien conocida en la técnica. Por ejemplo, cada etapa posterior puede ser en realidad físicamente más pequeña debido al incremento en la densidad del fluido. Como se ilustra, cada salida 28 descarga el gas comprimido a la siguiente etapa posterior en ángulo recto con la entrada. Por ejemplo, la corriente de gas 10 entra en la entrada 24 de la etapa de compresión 14 y se descarga desde la salida 28 a la entrada 24 de la siguiente etapa posterior 16 en ángulo recto a la entrada 24 de la etapa de compresión 14. Cada una de las etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 es impulsada de forma independiente por un impulsor 30. Cada impulsor 30 es preferentemente un motor eléctrico de diseño de imán permanente que puede ser controlado por un impulsor de velocidad variable. Cada etapa 14, 16, 18 y 20 está conectada a un soporte 32 por medio de conectores roscados, tales como pernos. Cada soporte está conectado a su vez a una losa de hormigón 2.

45 Se debe hacer notar que cada una de las etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 puede ser diseñada de una manera bien conocida en la técnica. Por ejemplo, cada una de estas etapas se emplea para aumentar la presión de la corriente de gas 10 y, como tal, la etapa de compresión 14 es la primera etapa de compresión, la etapa de compresión 16 es la segunda etapa de compresión, la etapa de compresión 18 es la tercera etapa de compresión y la etapa de compresión 20 es la cuarta etapa de compresión. La presente invención abarca disposiciones de compresores con al menos dos etapas de compresión, y también, con más de cuatro de tales etapas de compresión. Cada etapa de compresión está diseñada para elevar la presión y el flujo que se desea en una etapa particular. Se le da al diseñador más permisividad en el diseño puesto que preferiblemente la velocidad de un impulsor 30 puede ser controlada de forma independiente en una etapa particular. También, como se ha indicado más arriba, cada impulsor puede ser un motor eléctrico y, en particular, un motor de imán permanente acoplado directamente al compresor. Dicho esto, los impulsores de fluidos que tiene una bomba, motores de fluido y turbinas de vapor son posibles sustitutos de tales motores eléctricos. Además son posibles otros tipos de motores eléctricos, tales como motores de inducción y motores eléctricos generales, que operarían a una velocidad fija y que serían accionados por una caja de engranajes en la etapa de compresión en particular. Tal disposición no sería preferida, sin embargo, por las consiguientes pérdidas irreversibles acompañantes en las cajas de engranajes y la reducción de la libertad de diseño en la fase de compresión que en otro caso se podría obtener con el uso de un motor de imán permanente con un variador de velocidad que podría incorporar cojinetes magnéticos para reducir pérdidas térmicas irreversibles en un dispositivo de este tipo.

Entre las etapas de compresión 14 y 16, un refrigerador intermedio 34 está posicionado para eliminar el calor de compresión producido por la compresión de la corriente de gas 10 en la etapa de compresión 14. De manera similar, entre las etapas de compresión 16 y 18, un refrigerador intermedio 36 está posicionado para eliminar el calor de compresión producido por la compresión de la corriente de gas 10 en la etapa de compresión 16 y se proporciona un refrigerador intermedio 38 entre las etapas de compresión 18 y 20 para eliminar el calor de compresión generado en la etapa de compresión 18. Un refrigerador posterior 40 está provisto después de la etapa de compresión 20 para eliminar el calor de compresión generado en la etapa de compresión 20 y un refrigerador posterior de este tipo tiene el mismo diseño que los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38. En este sentido, existen otras posibilidades para el refrigerador posterior, por ejemplo, dispositivos de contacto directo con el fluido que no necesariamente estarían configurados de la misma manera que el refrigerador posterior 40. Además, la configuración en forma de caja de cada uno de los intercambiadores 34, 36 y 38 y del refrigerador posterior 40 se ilustra a modo de ejemplo sólo y otras configuraciones también son posibles para tales dispositivos, por ejemplo, cilindros. Cada uno de los intercambiadores 34, 36 y 38 y el refrigerador posterior 40 están soportados por soportes 42 y 44 que a su vez están conectado a la losa de hormigón 2.

Cada uno de los intercambiadores 34, 36 y 38 está conectado entre las etapas de compresión: 14, 16; 16, 18; y 18, 20, respectivamente por pares de conductos de entrada y de salida 46 y 48. Los conductos 46 y 48 para cada una de las etapas pueden incorporar un diseño que es específico para una etapa. Por ejemplo, los tamaños de los tubos pueden ser pequeños en las etapas subsiguientes de presión más alta. Cada uno de los pares de conductos de entrada y salida 46 y 48 está formado por secciones de entrada y de salida 50 y 52, respectivamente, y las secciones de transición de entrada y salida 54 y 56. Cada una de las secciones de entrada 50 se proporciona con una sección transversal circular en su conexión con una salida 28 y una sección transversal rectangular en su conexión con una sección de transición de entrada 54. Del mismo modo, cada sección de salida 52 tiene una sección transversal rectangular en su relación con una sección 56 de transición de salida y una sección transversal circular en su conexión con una entrada 24. Las etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 están posicionadas de manera que cada salida 26 se encuentre situada frente a una entrada 24 de una etapa de compresión. Por ejemplo, la salida 28 de la etapa de compresión 14 está situada frente a la entrada 24 de la siguiente etapa de compresión posterior 16. Esto permite que el par de conductos de entrada y salida 46 y 48 estén en una relación en línea o sustancialmente una relación en línea para evitar las caídas de presión que son producidas por curvas y secciones de codos de tubería que de otro modo se encuentran en la técnica anterior. Se debe hacer notar que la corriente de gas es introducida en la entrada 24 de la etapa de compresión 14 por una red de tuberías utilizada en el aparato que emplea la disposición de compresión 1 de la cual se ilustra un tubo 49.

Además de lo anterior, las caídas de presión también se reducen mediante la provisión de las secciones de transición de entrada y salida 54 y 56. Cada una de las secciones de entrada 54 está diseñada de manera que la superficie de sección transversal de la misma aumenta desde la salida 28 de las etapas de compresión 14, 16 y 18 hacia sus respectivos refrigeradores intermedios asociados 34, 36 y 38 de manera que, preferentemente, las superficies de sección transversal de las secciones de entrada 54 en sus conexiones con los intercambiadores intermedios 34, 36 y 38 son coincidentes. Cada una de las secciones de salida 56 está diseñada de manera que la superficie de la sección transversal de la misma disminuye desde los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38 hacia la entrada 24 de su respectivas etapas de compresión asociadas 16, 18 y 20. De nuevo, preferiblemente, las superficies de las secciones transversales de la sección de salida 56 en su conexión con los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38 son iguales. De esta manera, la velocidad del flujo disminuye gradualmente a medida que los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38 se aproximan y aumenta gradualmente a medida que la entrada 24 de las etapas de compresión 16, 18 y 20 se acerca para evitar que la turbulencia sea inducida en el flujo de gas comprimido por un incremento o disminución repentina de otro modo en la superficie de flujo con el gas que fluye hacia y desde un refrigerador intermedio 34, 36 y 38 o de igual manera, el refrigerador posterior 40. Aunque no se ilustra, los interiores de las secciones de entrada 54 y las secciones de salida 56 pueden estar provistos de álabes para inhibir aún más la caída de presión debido al flujo turbulento.

Como se ha mencionado más arriba, el refrigerador posterior 40 tiene el mismo diseño conceptual que los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38. De esta manera, también está provisto de pares de conductos de entrada y de salida 46 y 48, formados por las secciones de entrada y salida 50 y 52, respectivamente, y las secciones de transición de entrada y salida 54 y 56 para evitar que la turbulencia se introduzca en el flujo de gas comprimido. De esta manera, la explicación anterior con respecto a los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38 es igualmente aplicable al refrigerador posterior 40 con respecto a las secciones de entrada y de salida 46 y 48 y las secciones de transición 54 y 56, es igualmente aplicable.

Con referencia a la figura 2, el refrigerador intermedio 38 se ilustra a modo de ejemplo. Los refrigeradores intermedios 34 y 36 y el refrigerador posterior 40 son del mismo diseño y la siguiente explicación es igualmente aplicable a tales componentes. El refrigerador intermedio 38 está provisto de un alojamiento en forma de caja 60. El líquido de refrigeración, que sería agua en caso de aire comprimido como gas a ser comprimido, es admitido en una cámara de entrada 62 por medio de una entrada embridada 64. La cámara de entrada 62 es provista de deflectores 66 y 68. El deflector 66 obliga a que el fluido refrigerante fluya a través de los pasajes 70 en la dirección de la punta

de flecha "A" y a continuación al interior de una cámara de inversión 72 que tiene un deflector 74 para hacer que el flujo invierta la dirección y fluya a través de los pasajes 76. El flujo invierte la dirección dentro de cámara de entrada 62 y después fluye a través de los pasajes 78 y al interior de la cámara de inversión 72 en el otro lado del deflector 74. A continuación, el flujo invierte la dirección de nuevo y fluye al interior de los pasajes 80 y al interior de la cámara de entrada debido al deflector 68. El flujo se descarga desde una salida embudada 82 en la dirección de la punta de flecha "B". Con referencia adicional a la figura 3, el gas comprimido fluye en flujo cruzado con respecto al fluido refrigerante en la dirección de punta de flecha C al interior de los pasajes con aletas 84 para realizar el intercambio indirecto de calor con el fluido refrigerante que fluye en flujo cruzado. Como es evidente de las figuras, el refrigerador intermedio 38 se puede fabricar con una construcción de un intercambiador de calor con aletas de placa de aluminio con soldadura convencional. En este sentido, el refrigerador intermedio 38 está sellado en la parte superior y en las partes inferiores de las placas superior e inferior 83 y 85, respectivamente.

Como es evidente de las figuras 1 a 3, se puede ver que las secciones de transición de entrada y salida 54 y 56 están formadas a partir de un poliedro de cuatro lados que tiene una configuración similar a un tronco de cono. En este sentido, si el refrigerador intermedio 34 se proporciona con una carcasa de configuración cilíndrica en lugar de la configuración ilustrada en forma de caja, las secciones de entrada y de salida 54 y 56 de hecho deben tener una configuración estrechada progresivamente que tiene una sección transversal circular en lugar de la sección transversal rectangular utilizada para las secciones de transición de entrada y salida 54 y 56 en lugar de las secciones transversales rectangulares que coinciden con la sección transversal de los pasajes 84, el flujo puede ser distribuido de manera uniforme a los pasajes 84 lo cual resuelve los problemas de mala distribución que se aprecian en los refrigeradores intermedios de la técnica anterior en los que existe un incremento repentino en la superficie de la sección transversal en la conexión de entrada y de salida al refrigerador intermedio.

Con referencia de nuevo a la figura 1, se puede observar que los pares de conductos de entrada y de salida 46 y 48 entre las etapas de compresión 18 y 20 también están provistos de secciones alargadas 86 y 88 de manera que los pares de conductos de entrada y de salida 46 y 48 son de tamaño más largo que el par de conductos de entrada y de salida 46 y 48 asociados con las etapas de compresión 14 y 16 y 16 y 18 y el refrigerador posterior 40. Esto permite que el sistema de compresor 1 tenga una configuración en forma de espiral de manera que la etapa de compresión hacia delante 20 esté separada hacia fuera desde la primera de las etapas de compresión 14 y la primera etapa de compresión no interfiere con el conducto de salida 48 asociado con el refrigerador posterior 40 y la red de tuberías utilizada en el aparato que emplea la disposición de compresión 1, de la cual se ilustra un tubo 90. Esto es necesario dada la configuración rectilínea de la disposición de compresor 1. En este sentido, las secciones alargadas 86 y 88 podrían colocarse entre cualquiera de las dos etapas de compresión 14, 16; 16, 18; y 18, 20. Por otra parte, si se desean más de cuatro etapas de compresión, las etapas de compresión podrían disponerse en espiral alrededor de las que se ilustran en el disposición de compresor 1.

Son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, con referencia a las figuras 4 y 5, se ilustra una instalación de un compresor de múltiples etapas 1' en la que las etapas de compresión están dispuestas en una configuración helicoidal para proporcionar dos o más niveles de etapas de compresión. En este sentido, la corriente de gas 10 es comprimida en las etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 con eliminación de calor entre las etapas por medio de intercambiadores 34, 36 y 38 como se ilustra y describe con respecto a la figura 1. Además, la etapa de compresión 20 descarga gas comprimido al refrigerador intermedio 100 y a su vez a la etapa de compresión 92. En la realización que se muestra en la figura 1, se debe recordar que la etapa de compresión de gas comprimido 20 ha descargado gas comprimido al refrigerador posterior 40. El gas comprimido es descargado desde la etapa de compresión 92 al refrigerador intermedio 102 y a continuación a la etapa de compresión 94 y al refrigerador posterior 104 para producir una corriente de gas comprimido 12' que se descarga desde un tubo 96 a una presión más alta que la corriente de gas comprimido 12 producida en la instalación de compresión de múltiples etapas 1'. La descripción de las etapas de compresión 92 y 94, refrigeradores intermedios 100 y 102 y refrigerador posterior 104 es la misma que se ha expuesto más arriba para las etapas de compresión 14 a 20, los refrigeradores intermedios 34 a 38 y el refrigerador posterior 40, respectivamente. Por lo tanto, los números de referencia para los elementos individuales se han eliminado de las figuras 4 y 5 para facilitar la explicación. La etapas de compresión 92 y 94, sin embargo, se diseñarían para un incremento de presión específico y el caudal contemplado para este tipo de etapas.

Con referencia particular a la figura 5, la configuración helicoidal de la instalación de un compresor de múltiples etapas se produce mediante la orientación adecuada de las volutas 26 para que sean opuestas a las entradas 24 y para producir una ligera elevación de las etapas sucesivas. Por ejemplo, la voluta 26 asociada con la etapa de compresión 18 se orienta de manera que su salida asociada 28 se encuentre por encima de la entrada 24 asociada con dicha etapa de compresión. En la figura 1, la voluta 26 asociada con la etapa de compresión 18 está montada en su compresor asociado 22 con el fin de ser rotada 360° desde su posición en la figura 4. Las volutas 26 asociadas con todas las etapas de compresión de la instalación de un compresor de múltiples etapas 1' están montadas de manera similar. Como resultado, hay un incremento en la altura de la etapa de compresión 16 en una cantidad igual a la distancia entre la entrada 24 y la salida 28 de la voluta 26 puesto que la entrada 24 se encuentra en el centro de cada una de las volutas 24. Lo mismo es válido para todas las demás etapas de compresión que siguen a la etapa de compresión 16 de tal manera que las etapas de compresión 92 y 94 se encuentran situadas por

encima de etapas de compresión 14 y 16, respectivamente, y están montadas por la conexión de los soportes 32' sobre los soportes 32 asociados con las etapas de compresión 14 y 16. Dicho de otra manera, la configuración helicoidal proporcionado dentro de la instalación del compresor 1' se produce mediante la orientación de las volutas 26, de modo que las salidas 28 estén situadas por encima de las entradas 24. Otra posibilidad sería la de orientar las volutas 26 en un ligero ángulo y si es necesario, aumentar ligeramente las longitudes de los conductos de entrada y de salida alrededor de la configuración helicoidal de las etapas de compresión. Esto puede ser necesario si las volutas tienen un diámetro demasiado pequeño para producir el incremento necesario de la altura de las etapas.

5
10
15
20
25

Con referencia a la figura 6, se ilustra una instalación de un compresor de múltiples etapas 1" en la que las etapas de compresión segunda y tercera 16 y 18 están situadas por encima de las etapas de compresión primera y cuarta 14 y 20 de tal manera que las etapas de compresión 14, 16, 18 y 20 están todas situadas en un plano que es vertical al horizontal. Una vez más, puesto que los conductos de entrada y de salida 46 y 47 y los refrigeradores intermedios 34, 36 y 38 y el refrigerador posterior 40 han sido completamente descritos más arriba, los números de referencia indican los elementos individuales de los mismos que no se han incluido en esta figura ya que los mismos han sido completamente descrito más arriba. Este tipo de configuración tiene una huella estrecha que podría ser necesaria en caso de otro equipo de una instalación que emplea la instalación de un compresor de múltiples etapas 1". Como se puede apreciar otras etapas adicionales podrían ser suministradas junto a las cuatro etapas de compresión ilustradas mediante la utilización del refrigerador posterior 40 como un refrigerador intermedio orientado en ángulo recto con el plano y, a continuación orientar otras etapas de compresión en otro plano vertical paralelo. El montaje para la etapa de compresión 14 y el refrigerador posterior 40 sobre la losa de hormigón 3 por medio de soportes 22 y 42 y 44, respectivamente. Las otras etapas están montadas por medio de soportes 106 y 108 conectados al refrigerador intermedio 36. Los soportes 106 y 108 están conectados por miembros transversales 110 y 112. Se debe hacer notar que las etapas de compresión 16, 18 y 20 también se pueden montar en una pared adyacente a la losa de hormigón 3 por elementos de soporte individuales.

30

Se debe hacer notar que las instalaciones de compresores de múltiples etapas 1, 1' y 1" pueden ser empleadas sin que los conductos de entrada y de salida 46 y 48 tengan las secciones de transición respectivas 54 y 56. Sin embargo, como puede ser apreciado, la caída de presión y por lo tanto el consumo de energía de una instalación de este tipo sería mayor en dichas instalaciones.

35

Aunque la presente invención ha sido descrita con referencia a realizaciones preferidas como podrá ser apreciado por los expertos en la técnica, numerosos cambios y omisiones pueden ser hechos sin apartarse del alcance de la invención como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una instalación de un compresor de múltiples etapas (1; 1' ; 1") que comprende;

5 dos etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) para comprimir un gas y un intercambiador (34, 36, 38; 100, 102) situado entre las dos etapas de compresión para eliminar el calor de compresión del gas entre las dos etapas de compresión;

10 comprendiendo cada una de las dos etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) un compresor centrífugo (22) y un impulsor (30) configurado para impulsar de forma independiente el compresor centrífugo de cada una de las dos etapas de compresión, teniendo el compresor centrífugo (22) una entrada (24) rodeada por una voluta (26) y teniendo la voluta una salida (28) orientada con el fin de descargar el gas comprimido en ángulo recto con respecto a la entrada;

15 un conducto de entrada (46) que conecta la salida (28) de una de las dos etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) al refrigerador intermedio;

20 un conducto de salida (48) que conecta el refrigerador intermedio (34, 36, 38; 100, 102) a la entrada (24) de la otra de las dos etapas de compresión; y teniendo cada uno del conducto de entrada (46) y del conducto de salida (48) secciones de transición estrechadas progresivamente (54, 56), siendo la superficie de la sección transversal cada vez mayor en el conducto de entrada (46) y siendo la superficie de la sección transversal cada vez menor en el conducto de salida (48) de tal manera que la velocidad de flujo se reduce gradualmente en el conducto de entrada y aumenta gradualmente en el conducto de salida para inhibir aún más la caída de presión en las conexiones entre el conducto de entrada y el refrigerador intermedio (34, 36, 38; 100, 102) y el conducto de salida y el refrigerador intermedio;

25 **caracterizado por que** la salida (28) de la una de las dos etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) está situada sustancialmente opuesta a la entrada (24) de la otra de las dos etapas de compresión de tal manera que el conducto de entrada (46) y el conducto de salida (48) están en una relación en línea para inhibir la caída de presión en el conducto de entrada y el conducto de salida.

30 2. La instalación del compresor de múltiples etapas (1) de la reivindicación 1, en la que:

el refrigerador intermedio (34, 36, 38; 100, 102) tiene una carcasa en forma de caja (60) que encierra pasajes (70, 76, 78, 80) para el intercambio indirecto del calor de compresión del gas comprimido producido en la una de las dos etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94), con un refrigerante que circula a través del refrigerador intermedio; y

35 cada una de las secciones de transición estrechadas progresivamente (54, 56) es un poliedro de cuatro lados que termina en una sección transversal rectangular en las conexiones del conducto de entrada (46) al refrigerador intermedio (34, 36, 38) y el conducto de salida (48) y el refrigerador intermedio.

40 3. La instalación de un compresor de múltiples etapas de la reivindicación 1. en el que el impulsor (30) es un motor eléctrico.

45 4. La instalación de un compresor de múltiples etapas de la reivindicación 3, en el que el motor eléctrico tiene un árbol acoplado directamente al compresor (22) y está configurado de tal manera que la velocidad del motor eléctrico puede ser controlada por un controlador de velocidad.

50 5. La instalación de un compresor de múltiples etapas de la reivindicación 4, en el que el motor eléctrico es un motor de imán permanente.

6. La instalación de un compresor de múltiples etapas de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:

una pluralidad de etapas de compresión, incluyendo al menos cuatro etapas de compresión (14, 16, 18, 20), para comprimir un gas y refrigeradores intermedios (34, 36, 38) situados entre las etapas de compresión para eliminar el calor de compresión del gas entre las etapas de compresión;

55 comprendiendo cada una de las etapas de compresión (14, 16, 18, 20) un compresor centrífugo (22) y un impulsor (30) configurado para impulsar de forma independiente el compresor centrífugo de cada una de las etapas de compresión, teniendo el compresor centrífugo (22) una entrada (24) rodeada por una voluta (26) y teniendo la voluta una salida (28) orientada con el fin de descargar el gas comprimido en ángulo recto a la entrada;

60 pares de conductos {46, 48} que conectan los refrigeradores intermedios (34, 36, 38) a las etapas de compresión (14, 16, 18, 20); estando dispuestos las etapas de compresión (14, 16, 18, 20), los refrigeradores intermedios (34, 36, 38) y los pares de conductos (46, 48) de tal manera que la entrada (24) de una etapa sucesiva de las etapas de compresión se encuentra opuesta a la salida (28) de una etapa anterior de las etapas de compresión y los

conductos de cada uno del par de conductos (46, 48) están sustancialmente en una relación en línea para inhibir la caída de presión en los conductos; un refrigerador posterior (40) conectado a un final de la etapa de compresión (20); y estando dimensionado al menos uno de los pares de los conductos (46, 48) más largo que al menos otro par adyacente de los pares de conductos (46, 48) y todas las etapas de compresión (14, 16, 18, 20), los refrigeradores intermedios (34, 36, 38) y el refrigerador posterior (40) están situados sustancialmente en un plano común de manera que las etapas de compresión y el refrigerador posterior están dispuestos en una configuración en forma de espira,

7. La instalación del compresor de múltiples etapas (1') de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende:

una pluralidad de etapas de compresión, incluyendo al menos cuatro etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94), para comprimir un gas y refrigeradores intermedios (34, 36, 38; 100, 102) situados entre las etapas de compresión para eliminar el calor de compresión del gas entre las etapas de compresión; comprendiendo cada una de las etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) un compresor centrífugo (22) y un impulsor (30) configurado para impulsar de forma independiente el compresor centrífugo de cada una de las etapas de compresión, teniendo el compresor centrífugo una entrada (24) rodeada por una voluta (26) teniendo la voluta una salida (28) orientada con el fin de descargar el gas comprimido en ángulo recto a la entrada; pares de conductos (46, 48) que conectan los refrigeradores intermedios (34, 36, 38; 100, 102) a las etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94); estando dispuestas las etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94), los refrigeradores intermedios (34, 36, 38; 100, 102) y los pares de conductos (46, 48) de tal manera que la entrada (24) de una etapa sucesiva de las etapas de compresión se encuentra frente a la salida (28) de una etapa anterior de las etapas de compresión y los conductos de cada uno del par de conductos (46, 48) se encuentran sustancialmente en una relación en línea para inhibir las caídas de presión en los conductos; y las etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) están dispuestos en una configuración helicoidal en al menos dos niveles.

8. La instalación de un compresor de múltiples etapas de la reivindicación 7, en la que la configuración helicoidal es producida orientando la voluta (26) de cada una de las etapas de compresión (14, 16, 18, 20; 92, 94) de tal manera que la salida (28) esté situada encima de la entrada (24).

9. La instalación de un compresor de múltiples etapas (1") de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende:

una pluralidad de etapas de compresión (14, 16, 18, 20), incluyendo al menos cuatro etapas de compresión para eliminar el calor de compresión del gas entre las etapas de compresión; comprendiendo cada una de las etapas de compresión (14, 16, 18, 20) un compresor centrífugo (22) y un impulsor (30) configurado para impulsar de forma independiente el compresor centrífugo de cada una de las etapas de compresión, teniendo el compresor centrífugo una entrada (24) rodeada por una voluta (26) y teniendo la voluta una salida (28) orientada con el fin de descargar el gas comprimido en ángulo recto a la entrada; pares de conductos (46, 48) que conectan los refrigeradores intermedios (34, 36, 38) a las etapas de compresión (14, 16, 18, 20); estando dispuestas las etapas de compresión (14, 16, 18, 20), los refrigeradores intermedios (34, 36, 38) y los pares de conductos (46, 48) de tal manera que la entrada (24) de una etapa sucesiva de las etapas de compresión se encuentra opuesta a la salida (28) de una etapa precedente de las etapas de compresión y los conductos de cada uno del par de conductos se encuentran dispuestos sustancialmente en una relación en línea para inhibir la caída de presión en los conductos; y cuatro de las etapas de compresión (14, 16, 18, 20) están dispuestas en un plano vertical de tal manera que una segunda (16) y una tercera (18) de las etapas de compresión se encuentran por encima de una primera (14) y una cuarta (20) de las etapas de compresión, respectivamente.

10. La instalación de un compresor de múltiples etapas de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en la que:

cada uno de los refrigeradores intermedios (34, 36, 38; 100, 102) tiene una carcasa en forma de caja (60) que encierran pasajes (70, 76, 78, 80) para el intercambio indirecto de calor de la compresión del gas comprimido producido en las etapas de compresión (14; 16, 18, 20; 92, 94) a un refrigerante que circula a través del refrigerador intermedio; y cada una de las secciones de transición estrechadas progresivamente (54, 56) es un poliedro de cuatro lados que termina en una sección transversal rectangular en las conexiones del conducto de entrada (46) para el refrigerador intermedio (34, 36, 38, 100, 102) y del conducto de salida (48) y del refrigerador intermedio.

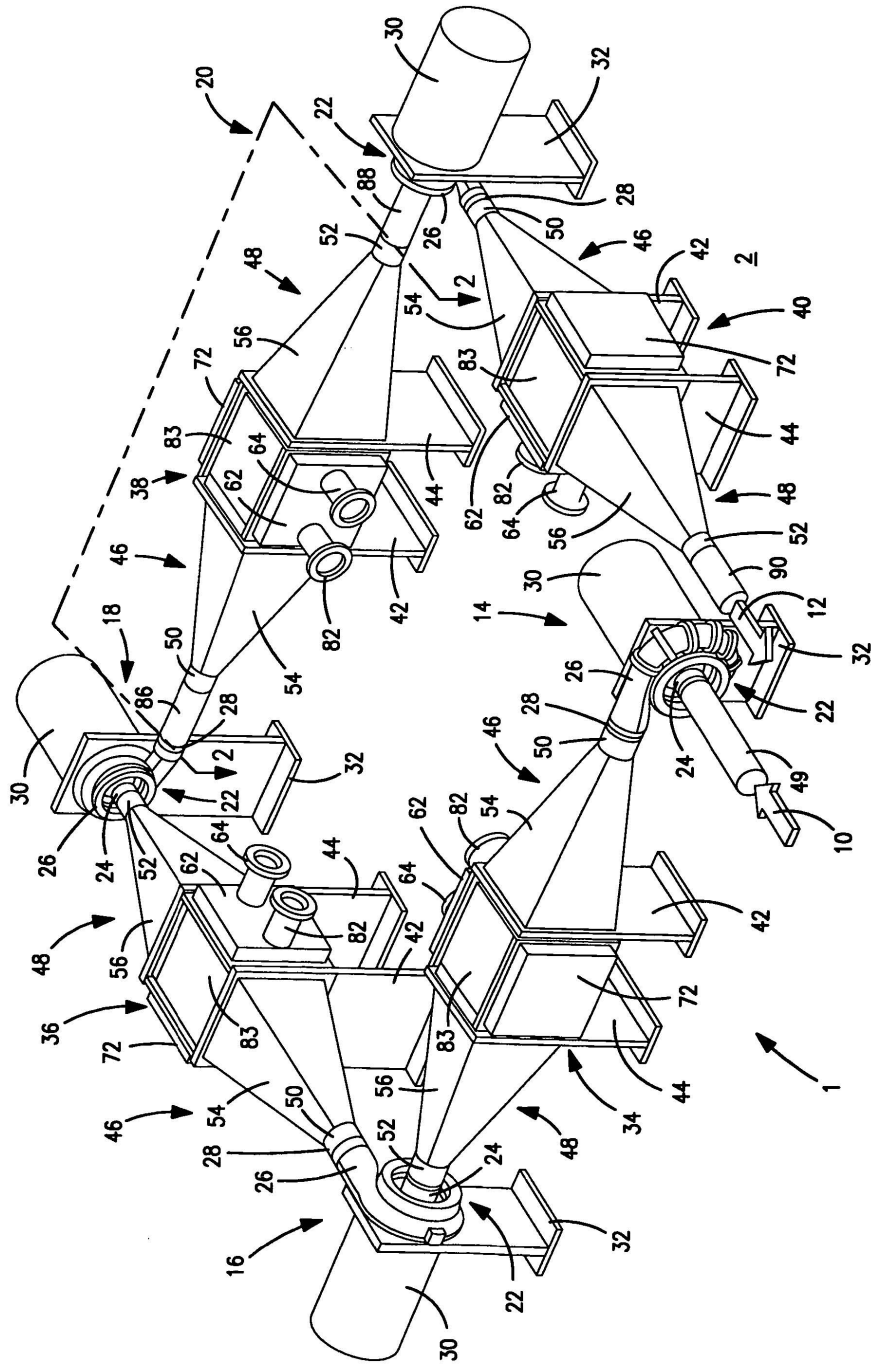


FIG. 1

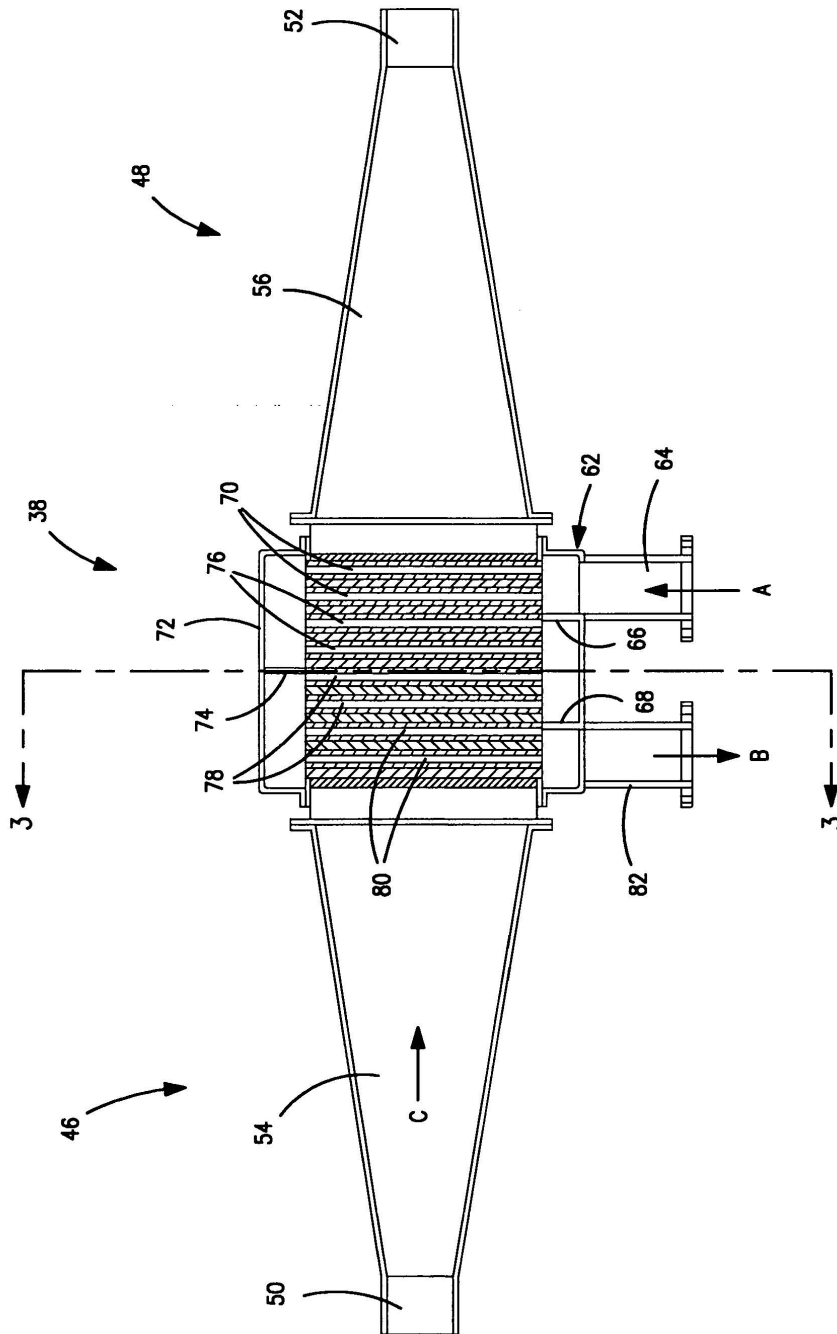


FIG. 2

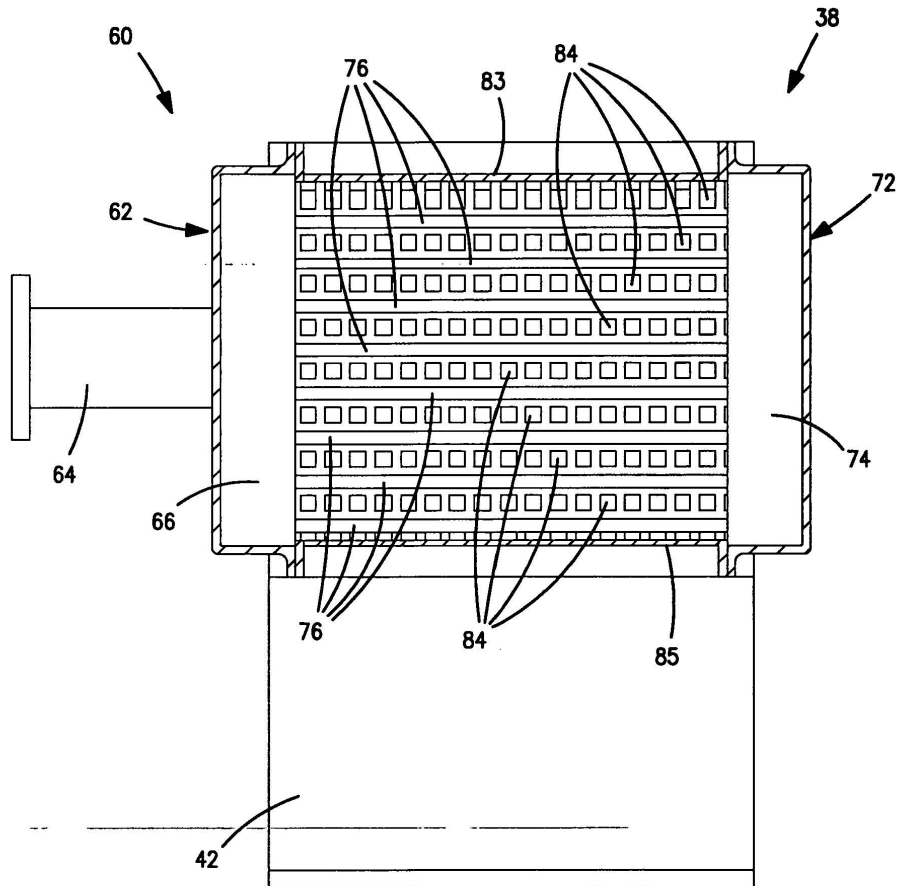


FIG. 3

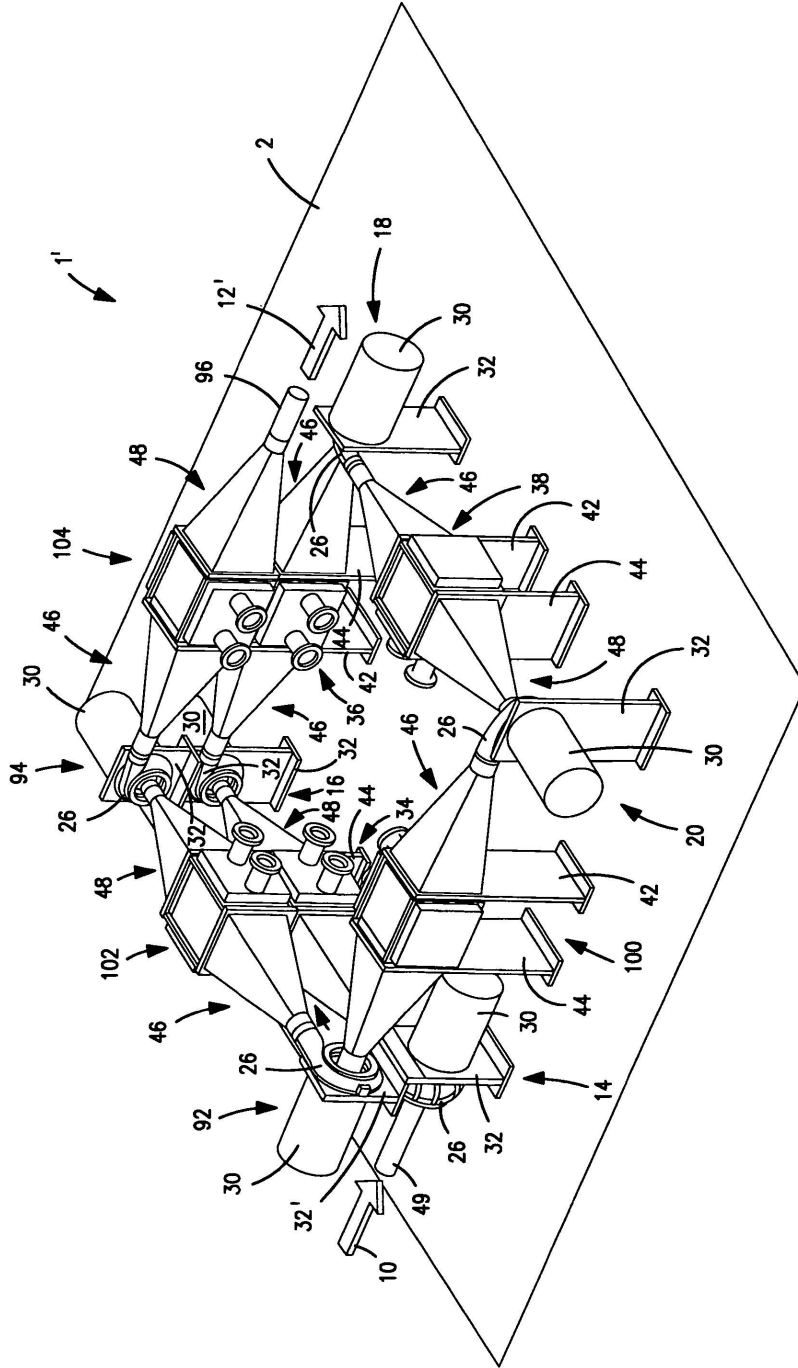


FIG. 4

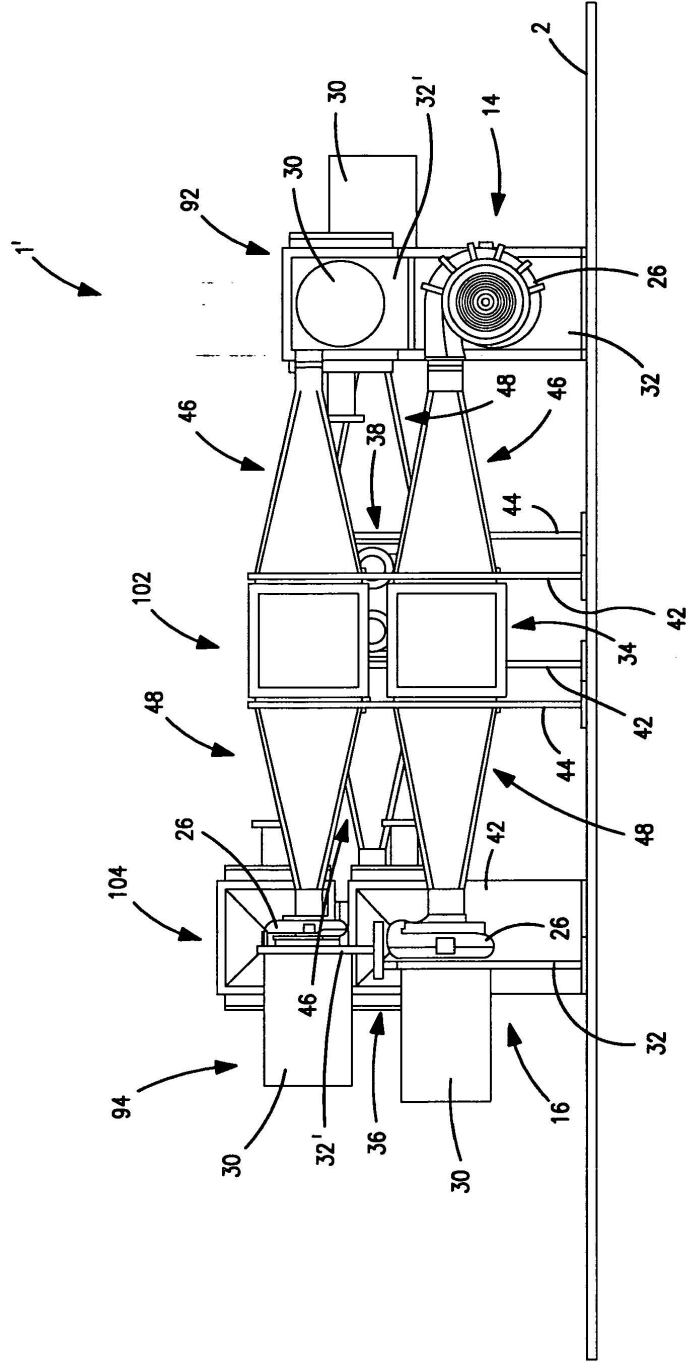


FIG. 5

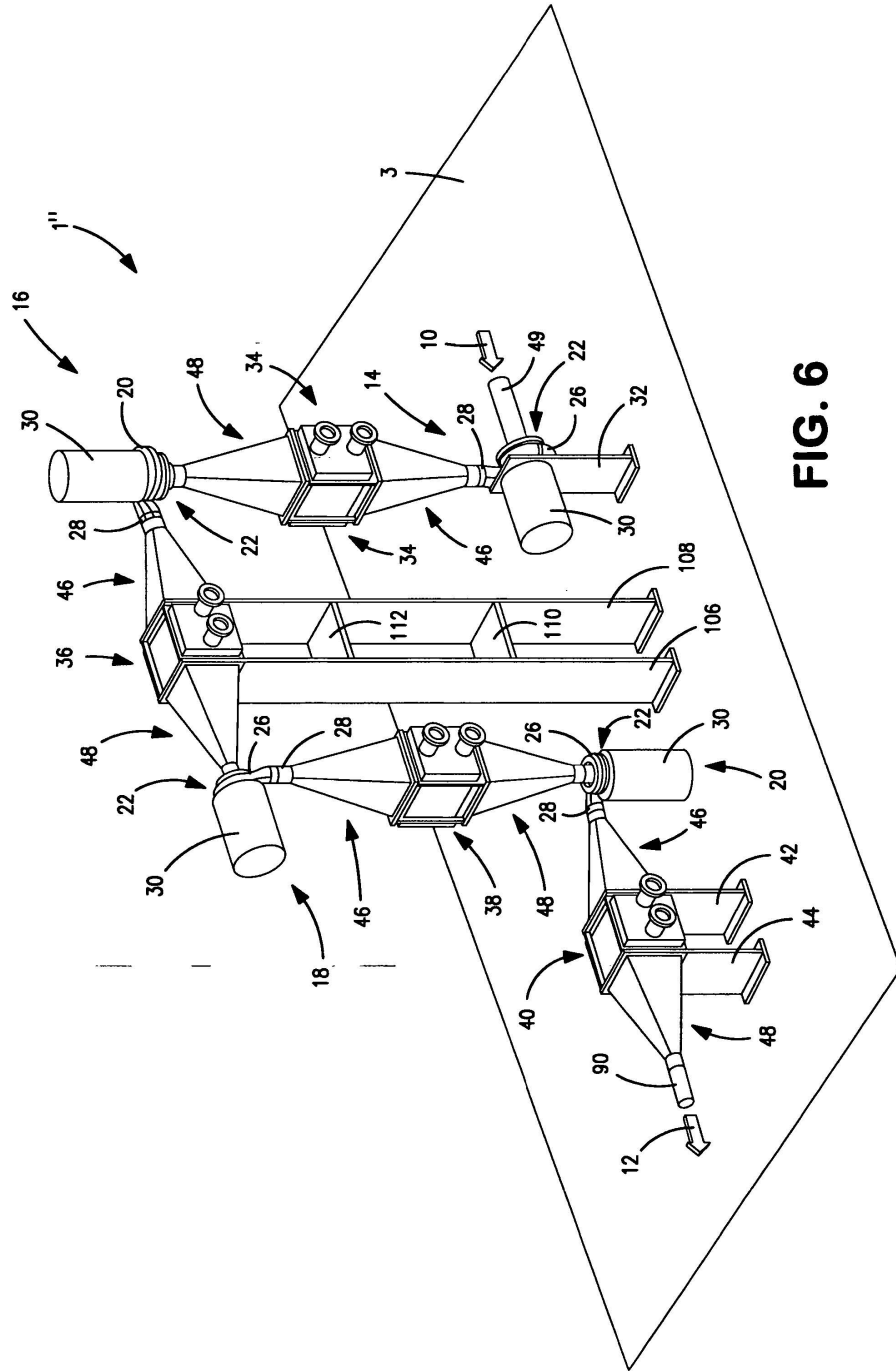


FIG. 6