

Allen
Caso n.º 3102

Patente Española

104648

MEMORIA

descriptiva sobre: "Perfeccionamientos en o relacionados con
la rectificación de gases mezclados"

POR

Samuel Gordon Allen, Erustee

DE

New York

Estados Unidos de América

P A T E N T E

130



a favor de

SAMUEL GORDON ALLEN, DE 17 EAST 42ND STREET, CIUDAD DE NUEVA YORK, ESTADO DE NUEVA YORK, ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

por

PERFECCIONAMIENTOS EN O RELACIONADOS CON LA RECTIFICACION DE GASES MEZCLADOS

- - - - - o - - - - -

M e m o r i a D e s c r i p t i v a

La presente invención se relaciona con el arte de rectificar gases mezclados, y especialmente aire.

El objeto primario de la invención es simplificar y disminuir el costo de rectificación.

Otros y más específicos objetos y ventajas aparecerán en la siguiente descripción de la invención tomada junto con el dibujo, que esquemáticamente ilustra la manera de preferencia para llevar a cabo la invención.

En general se emplean dos ciclos. Con eso se prefiere combinar la compresión de más gas que el que se va a rectificar. Se emplea lo anterior por el hecho de que se ha hallado que completamente separando un gas mezclado tal como el aire por la rectificación -


(a) El gas mezclado debe ser enfriado a su punto de rocío y puede ser más o menos licuado antes de ser introducido en el rectificador.

(b) El calor debe ser añadido en cantidad suficiente bajo la entrada al rectificador para completamente separar el constituyente más volátil del menos volátil.

(c) El calor debe ser abstraído en cantidad suficiente sobre la entrada al rectificador para completamente separar el

constituyente menos volátil del más volátil.

(d) La refrigeración tiene que ser proporcionada para equilibrar el escape de calor y otras pérdidas termo-dinámicas.



El procedimiento que se propone en la presente invención comprende llevar a cabo ciertas de las fases que bien pudieran llamarse un ciclo de separación y otras por el ciclo de cambio de calor o ciclos. En la práctica de preferencia de la presente invención se propone llevar a cabo las primeras tres fases en el ciclo de separación y la última fase por un ciclo de refrigeración externa, aunque se pueden usar otras combinaciones tales como un ciclo de cambio de calor separado para las fases (b) y (c), o la combinación de ese ciclo de cambio de calor con el ciclo de refrigeración. En el ciclo de separación se propone comprimir más aire que el que se va a rectificar con el objeto de suministrar el medio para llevar a cabo esas fases (b) y (c).

La provisión de un ciclo externo diferente del ciclo de separación permite llevar a cabo el procedimiento comprimiendo el gas que se va a rectificar a precisamente la presión requerida para transferir el calor para la presión especial de la rectificación escogida, y lo cual produce una gran economía en el consumo de la fuerza motriz sobre la que se requiere en los métodos corrientes de separación que actualmente se practican y en los cuales es costumbre comprimir el gas a presiones muy elevadas - es decir, presiones mucho más en exceso de las que se requieren para efectuar la transferencia necesaria del calor en la separación. La presión excedente se emplea con el objeto de obtener por la expansión la refrigeración adicional necesaria para equilibrar el escape de calor y otras pérdidas termo-dinámicas. Por el empleo de dos ciclos no es necesario tener que aprovecharse de presiones en exceso, y además la refrigeración es producida de una manera mucho más eficaz.

Una ventaja consiguiente que se obtiene con la reducción de presiones es que se puede emplear un turbo compresor en el ciclo de separación y también en el ciclo externo, en vez del compresor de reciprocación usual. También se puede permitir

emplear una turbina de expansión con una eficiencia termal más elevada o mayor que las máquinas comunes recíprocantes de expansión y especialmente cuando la presión de retorno es atmosférica como en el presente procedimiento, y si uno de los constituyentes de los gases mezclados obtenidos por la rectificación utilizado como un refrigerante.



Con referencia a la figura, como el doble de ese aire se va a rectificar es obtenido de la atmósfera por el turbo compresor 7, y comprimido allí a una presión de 27 a 45 kilogramos y con preferencia a 34 kilogramos. Por el uso de un ciclo de refrigeración externa y la operación de un ciclo de separación con la presión de menos de 68 kilogramos el uso de un turbo-compresor viene a ser practicable. Una de las ventajas marcadas en conexión con el empleo de un turbo-compresor es que el gas comprimido no es contaminado por los hidrocarburos como es el caso con el compresor recíproco.

La presión mínima en el ciclo de separación es la necesaria para vencer la resistencia friccional en los intercambiadores, tubos, etc., y para producir una presión alrededor de las secciones de tubos inferiores 11 y 13, de la columna rectificadora suficiente para licuar el aire comprimido impartiendo el calor requerido para la rectificación al hervir el liquido rico en oxígeno. De ese modo la presión de rectificación bajo la cual el liquido rico en oxígeno hierve, determina la presión a la cual el aire que se va a separar debe ser comprimido. La presión de rectificación tiene que ser precisamente lo suficiente para licuar el nitrógeno rico en vapor por la transferencia de calor al refrigerante alrededor de los tubos, en la sección de tubos 16 en la parte superior del rectificador. Por la utilización del constituyente más volátil del aire que se va a separar, es decir, el nitrógeno, en la forma líquida, como el refrigerante, se requiere una diferencia mínima de la presión para producir la temperatura necesaria para la transferencia del calor. Por lo tanto, la fuerza más baja consumida o mejor dicho, el consumo de fuerza más baja para comprimir el aire que se va


a separar, se obtiene utilizando como refrigerante para la rectificación el componente más volátil de aire en un estado relativamente elevado de pureza y en forma líquida, vaporizándolo bajo la presión aproximadamente atmosférica y ajustando la presión de rectificación a un valor precisamente suficiente para condensar el componente más volátil y proporcionar el reflujo deseado por la transferencia de calor al refrigerante, y comprimir el aire a la presión precisamente suficiente para licuarle por la transferencia de calor al fluido que está bajo rectificación y rico en componente menos volátil.



Se notará aún más que las secciones de tubos 11 y 13 de columna están dispuestas de tal modo como se indicará más adelante que el componente menos volátil se condensa fuera del aire que se está rectificando con mayor rapidez que el componente más volátil de modo que se requiere una temperatura más baja a medida que la licuación proceda con el vapor fluyendo alrededor de los tubos. Disponiendo la transferencia de calor en la parte inferior del rectificador de modo que la rectificación se efectúe a medida que el fluido está bajo la rectificación recibiendo el calor, el líquido aumenta en la temperatura a medida que fluye hacia abajo dentro de los tubos. Por lo tanto, con el fluido que está rectificándose y los líquidos que fluyen hacia abajo cuando están recibiendo el calor y el aire comprimido que fluye hacia arriba cuando se licua y tiene su constituyente menos volátil reducido en impartir el calor para la rectificación resulta que las relaciones de temperatura de calor para los dos fluidos se aproximan al paralelismo, en vez de divergir. Eso reduce la diferencia de presión necesaria para la transferencia de calor, y por lo tanto, por una presión de rectificación dada se puede reducir la presión a la cual el aire se va a rectificar y que tiene que ser inicialmente comprimido con la economía consiguiente en la fuerza motriz y aumentando la utilidad del turbo-compresor para ese fin.

Un turbo-compresor ocupa menos espacio que el compresor recíproco usual que efectúa una economía en el costo de funda-

27



ciones y edificios y también un costo de entretenimiento más bajo. La ventaja principal es la ausencia de contaminación del aire comprimido por los vapores de hidrocarburo. El aceite lubricante se vaporiza más o menos en el aire comprimido a las temperaturas incidentes a la compresión. Los vapores al pasar dentro de los intercambiadores del ciclo de separación están condensados más o menos solidificados en el tubo y superficies de tubería, que reducen la transferencia del calor y que aumentan la resistencia friccional al curso, que por supuesto, son perjudiciales desde más de un punto de vista. Los hidrocarburos también se recogen en el oxígeno líquido producido en la rectificación. Esa aglomeración o concentración de hidrocarburos puede ser lo suficientemente peligrosa para producir una explosión. El uso de un turbo-compresor elimina cualquier peligro por ese concepto.

Después de la compresión a 27 kilogramos de manómetro o seis atmósferas absolutas, el aire es pasado a través de un dispositivo de eliminación de dióxido de carbono A, que comprende las tres torres a, b, y c. En cada una de esas torres el aire comprimido pasa hacia arriba en contra corriente a un líquido purificador que se escurre hacia abajo sobre el material de empaquetadura sostenido dentro de las torres. En la primera torre el líquido empleado es el agua que ha estado en contacto con el aire atmosférico que contiene 0.03% de dióxido de carbono. Por lo tanto, el dióxido de carbono absorbido en esa agua está en equilibrio con el dióxido de carbono atmosférico teniendo una presión de vapor parcial de 0.0003 atmósfera. Debido a la compresión del aire en el tubo-compresor a seis atmósferas absolutas, la presión parcial del dióxido de carbono ha sido aumentada seis veces, es decir, a 0.0018 atmósfera. Un abasto de agua infinito con suficiente tiempo de contacto reduce la presión parcial del dióxido de carbono a su valor original de 0.0003 atmósfera, absorbiendo cinco sextos del dióxido de carbono contenido en el aire. Sin embargo, éso no es práctico y solamente de un cuarto a la mitad es absorbido.

Eso efectúa una economía en la cantidad correspondiente del producto químico requerido para la purificación adicional.

Aunque el empleo del agua de superficie para reducir el dióxido de carbono no es nuevo, el procedimiento de dos ciclos hace su uso sea práctico, porque el aire para ser separado es comprimido únicamente a tal presión que el costo de las torres y de la fuerza requerida para circular el agua que más después se utilizará para enfriar los compresores no viene a ser demasiado excesiva.

De la torre de absorción preliminar a el aire comprimido pasa a las torres de sosa cáustica o potasa b y c, a través de las cuales el aire pasa en serie. Esas dos torres están conectadas y controladas por válvulas, de modo que el aire puede pasar a través de cualquiera de las torres primero, y de suerte que cualquiera de las torres puedan ser puestas fuera de servicio cuando la otra torre se está usando. Por esa disposición el aire puede siempre pasar a través de la torre que contiene la solución en el uso mayor y durar a través de la torre que contiene la solución más fresca. Por lo tanto, se pueden usar torres más pequeñas para obtener un grado elevado de purificación.

La disposición indicada comprende la recuasticación de la sosa o la solución de potasa por medio de la cal. Después que la solución en uso se ha agotado o perdido sus fuerzas, esa torre se cierra del circuito y se abre la válvula de desahogo para permitir el escape del aire comprimido, y la otra torre permanece en el circuito. La solución agotada puede entonces hacerse que corra dentro del tubo b' ó c', según fuere el caso, y en donde se introduce la cal en montones cuando se está agitando la solución. La cal hace que la solución se convierta en cáustica otra vez formando el carbonato de calcio, que se asienta como cieno en el fondo de la tina. El líquido convertido en cáustico de nuevo es luego escurrido dentro de la tina inferior c². No es necesario sin embargo, tener que esperar hasta que el procedimiento de hacer cáustico de nuevo se haya terminado



antes de poner la torre en servicio otra vez, pues el líquido que se ha convertido en cáustico otra vez de la otra torre debe ser obtenible en la tina más baja cuando esa torre es escurrida. Las tinas están dispuestas para permitir el procedimiento de volver a convertir en cáustico de nuevo para ser llevado a cabo entre el momento de reponer una solución gastada por una solución fresca. Las bombas centrifugas de circulación c^3 se emplean y se disponen de modo que la solución fresca pueda ser bombeada en la torre desde la tina inferior así como circulada en la torre. La torre que se pone en servicio con la solución nueva siempre es insertada para el aire que pase a través de ella y que dure.

Hasta ahora la costumbre ha sido usar torres de eliminación de dióxido de carbono - aunque no de la disposición indicada - en el lado de aspiración de las instalaciones de licuación de aire. Hasta ahora no se habían usado en el lado de descarga debido a las presiones elevadas de 226 a 1112 kilogramos que son las que usualmente se emplean en esas instalaciones. Cuando la presión es únicamente de 34 kilogramos como es el caso en el procedimiento de dos ciclos, el uso de semejantes torres en el lado de descarga es práctico y debido a las densidades mayores de aire, se pueden usar torres más pequeñas para la misma purificación que si las torres estuviesen en el lado de aspiración del compresor.

Al salir de las torres de eliminación de dióxido de carbono el aire comprimido casi libre del dióxido de carbono pero aún conteniendo una gran cantidad de vapor de agua entra en una de las secciones intercambiables 8- 8, del aparato de intercambiador pasando después a través del segundo aparato y de allí a la sección última 9 del intercambiador que permanentemente está en circuito. Sale de las secciones intercambiables o invertibles del intercambiador a una temperatura de 30 Centígrados. La mayor parte del vapor de agua es eliminado en las secciones invertibles en la forma líquida, pero el hielo

en cantidades apreciables se forma cuando la temperatura baja más allá del punto de congelación o sea de cero Centigrado.

Cuando el hielo comienza a obstruir el curso, las primeras secciones de intercambiador son invertidas de modo que el aire comprimido pasa primero a través de la sección en la cual se recogido el hielo con el objeto de derretir el hielo aglome-

do.

La refrigeración es perdida cuando esas secciones de intercambiador son invertidas, no sólo en el hielo acumulado sino también en el metal frío y otras piezas. La condensación constante de vapor de agua y su drenaje del intercambiador en la forma líquida también se traduce por menos refrigeración. La refrigeración se pierde de ese modo a temperaturas que varían de la atmosférica a menos de 30 grados Centigrado. Con el objeto de equilibrar esa pérdida en las temperaturas mencionadas en vez de contrapesarlas con temperaturas muy bajas, lo cual sería mucho más costoso, se proporciona la refrigeración a la temperatura de trabajo de las secciones del intercambiador además de las suministradas por el fluido de retorno. Para ese fin, se proporciona la pequeña turbina auxiliar B. El nitrógeno comprimido es dilatado de la temperatura del cuarto por medio de las toberas de esa turbina, y la energía kinética de los surtidores o chorros en gran parte conducidos fuera del sistema por el generador eléctrico C, que será descrito más adelante. El nitrógeno dilatado enfriado a como menos de 40 Centigrado, es introducido en la corriente de nitrógeno de retorno en un punto entre el invertible y el permanente o para mayor claridad, en las secciones de circuito invertibles y permanentes del intercambiador, en donde la temperatura del nitrógeno de retorno es aproximadamente la misma. El calentamiento de esa cantidad adicional de nitrógeno de retorno a aproximadamente la temperatura del cuarto, suministra la refrigeración requerida para contrapesar la pérdida en las secciones invertibles de intercambiador, debido a la condensación y congelamiento del vapor de agua en él y para la refrigeración almacenada de las piezas metálicas. La refrigeración es de ese



modo suministrada dentro de la latitud de temperatura requerida y por lo tanto, con el mínimo de gastos de fuerza en el compresor que suministra el nitrógeno comprimido para ese fin. Es decir, menos nitrógeno comprimido tiene que ser dilatado de una presión dada y la temperatura atmosférica para abstraer una cantidad dada de energía del sistema, que si ese nitrógeno comprimido fuese enfriado antes de la expansión al mínimo de 130 grados Centígrado. Por lo tanto, la provisión de la turbina auxiliar reduce la fuerza requerida para hacer funcionar el compresor 17 del ciclo de refrigeración.

También hay un perfeccionamiento en las relaciones de temperatura-calor en el intercambiador. El calor latente eliminado para condensar el vapor de agua en las secciones invertibles del intercambiador produce un efecto similar a una capacidad aumentada de calor del aire que se está enfriando. La introducción del nitrógeno dilatado frío en la corriente de nitrógeno de retorno antes de que entre en las secciones invertibles del intercambiador, produce un aumento en la capacidad de calor de las corrientes de retorno. Se debe introducir suficiente cantidad de nitrógeno dilatado frío, para formar las relaciones de temperatura-calor de las corrientes descendentes y de retorno substancialmente paralelas en las secciones invertibles. Eso hace que las temperaturas estén más juntas en la otra sección del intercambiador. Por lo tanto, la pérdida de energía debido a la transferencia de calor en el intercambiador de separación viene a quedar reducida.

Esa parte del intercambiador que está permanentemente en circuito es dividida en dos porciones 9-9 que por motivo se relacionan con la estructura, y la disposición general de las piezas y que de por sí no son reivindicadas en la presente patente.

El aire comprimido es enfriado en el intercambiador para cerrar el punto de rocío por la corriente de nitrógeno de retorno y el oxígeno de retorno vaporizado y por el vapor de retorno aspirado del espacio alrededor de los tubos de la sec-



ción del rectificador. Antes de entrar en el rectificador y después de salir del intercambiador, el gas comprimido descendente es enfriado a punto de rocío, y en parte licuado en el cambiador 10, y ese enfriamiento adicional se lleva a cabo por el calentamiento en el cambiador 10 del oxígeno líquido tomado del pote 15 en el fondo del rectificador, y conducido por medio del cambiador en relación de cambio de calor con el gas descendente. Como se ha indicado más arriba el cambiador sirve para vaporizar ese oxígeno líquido. Otra ventaja del procedimiento de doble ciclo es que la presión del aire comprimido ha sido reducida de tal modo relativamente a la presión de las corrientes de retorno de oxígeno y nitrógeno, de suerte que las relaciones de temperatura-calor del oxígeno y nitrógeno son también substancialmente paralelas en las secciones de intercambiador, 9-9. Eso reduce la pérdida de fuerza debida a la transferencia de calor. Cuando las variaciones de temperatura de los fluidos enfriado y calentados son divergentes cuando la temperatura es baja como ocurre en la práctica actual con el sistema accionado de 226 a 1112 kilogramos por centímetro cuadrado, el costo de la energía es mucho mayor.

El aire comprimido enfriado y en parte licuado es introducido en el fondo de la sección de tubo 11 en el espacio alrededor de los tubos de la misma, y burbuja a través del líquido que se recoge alrededor de dichos tubos. En consecuencia de eso ese líquido es muy rico en oxígeno y los vapores sobre él son correspondientemente ricos en nitrógeno. Esa parte del aire comprimido que se va a rectificar es sacada de la parte inferior de la sección de tubos 11, en la forma líquida, y estrangulada a la presión de rectificación, es decir, de 2 a 11 kilogramos más o menos en la sección de bandejas 12 de la columna, y con preferencia en un punto en donde no hay más bandejas sobre la entrada que debajo de ella. El aire excedente entonces en la forma de nitrógeno rico en vapor es sacado de la parte superior de la sección de tubo 11 y descar-

gado en la sección de tubo 13. Parte del aire descargado de ese modo en la sección de tubo 13 es licuado cuando se imparte el calor al líquido que se escurre hacia abajo a través de los tubos. Una parte del vapor en esa sección de tubo es sacada en la parte superior de la misma y enfriada en el vaporizador 23 del ciclo externo, siendo enfriada y licuada por el calor impartido al nitrógeno licuado del ciclo externo. El vapor licuado es retornado del vaporizador 23 al fondo de la sección de tubo 13. El líquido recogido de ese modo es estrangulado a aproximadamente la presión atmosférica en la sección de tubo superior 16 impartiendo allí la refrigeración necesaria para condensar las impurezas del vapor de nitrógeno que asciende a través de los tubos de esa sección de tubos. La refrigeración adicional impartida por el ciclo externo contrapesa el escape del calor y otras pérdidas termo-dinámicas. Más adelante se darán más detalles acerca de la utilidad de comprimir más aire que el que se va a rectificar.

Las tres corrientes de retorno de la columna por lo tanto, son una de oxígeno comercialmente puro en la forma gaseosa y dos corrientes de nitrógeno gaseoso. El oxígeno y una de las corrientes de nitrógeno son de aproximadamente la presión atmosférica, pero el nitrógeno que retorna del tope del rectificador está en la presión de rectificación reducida por esas resistencias friccionales que se encuentran en el intercambiador y la tubería. Un objeto de la invención es recuperar la energía de ese nitrógeno sobre la presión atmosférica. Eso se lleva a cabo utilizando el nitrógeno en el ciclo externo, admitiéndole en el lado de aspiración del turbo-compresor 17 sin reducción en la presión.

Siempre que las exigencias del ciclo externo sean menores que el abasto de ese nitrógeno del rectificador, la presión de rectificación puede ser automáticamente controlada por una válvula de desahogo de presión automática 24, colocada en el tubo 25 que sale del tubo de nitrógeno 26. Esa válvula de desahogo de presión automática descarga el exceso del nitró-

geno, la cámara de control de la válvula conectada con el tope
del rectificador o en cualquiera otra parte por el tubo 28.

La presión de rectificación puede también ser automáticamente controlada por un dispositivo de control de presión en el compresor de refrigeración, tal como los que ahora son obtenibles y especialmente para los turbo-compresores. Esos dispositivos de control hacen variar la velocidad del compresor para mantener constante la presión de aspiración para la cual están dispuestos.

Sin embargo, hay ocasiones cuando la demanda del ciclo de refrigeración es mayor que el abasto del nitrógeno bajo presión del ciclo de separación, y para atender a éso se proporciona un pequeño compresor 17' con preferencia del tipo centrífugo, para equiparar la deficiencia elevando una parte del nitrógeno que retorna del ciclo de refrigeración a la presión de rectificación y suministrándole al lado de aspiración del compresor principal 17. Ese compresor auxiliar puede ser automáticamente regulado para mantener una presión de descarga constante en su salida o en cualquier otro punto en su sistema, tal como el tope del rectificador, de ese modo manteniéndose constante la presión de rectificación. O el compresor auxiliar puede funcionar con la velocidad constante para suministrar un excedente del nitrógeno ligeramente comprimido, cuya presión es automáticamente regulada por la válvula de desahogo de presión automática 24. Cualquiera de esos medios permite que la energía en el nitrógeno retorne del rectificador para ser recuperado reduciendo la fuerza requerida para la compresión en el ciclo de refrigeración externo, en tanto que al propio tiempo la presión de rectificación es controlada para mantener la pureza deseada de los productos de rectificación.

El uso de ese nitrógeno como fluido refrigerante en el ciclo externo tiene un gran número de ventajas. Primero, es gas casi más perfecto que el aire, y por lo tanto, se puede usar una presión más elevada que con el aire, y sin embargo, mantener un paralelismo substancial en las relaciones de temperatura

de las corrientes descendentes y de retorno en el intercambiador de refrigeración. Por lo tanto, la pérdida de fuerza debida a la transferencia de calor en el intercambiador de refrigeración es reducida al mínimo. Con el objeto de reducir aún más la pérdida, los intercambiadores se hacen del doble del largo con relación al diámetro del tubo como en los sistemas actuales, es decir, el largo de los tubos es de como 1400 veces el diámetro interno de 5 milímetros. Eso hace que las líneas paralelas de las relaciones de calor de temperatura de las corrientes descendentes y de retorno se junten.

De ese modo por el procedimiento de dos ciclos de separación de aire en sus componentes la presión del aire que se va a rectificar puede ser reducida a tal presión que las relaciones de calor de temperatura del aire comprimido descendente y las corrientes de retorno de oxígeno y nitrógeno en el ciclo de separación estén substancialmente paralelas y utilizando uno de los componentes de rectificación como fluido refrigerante en el ciclo externo, a saber, nitrógeno, el mismo paralelismo es obtenido en el intercambiador del ciclo de refrigeración. Efectuando o haciendo los intercambiadores de separación y refrigeración de un largo grande con relación al diámetro del tubo interno las diferencias de temperatura son disminuidas a valores bajos. Eso materialmente reduce las pérdidas de fuerza correspondientes a la transferencia de calor en los intercambiadores.

Sin embargo, no se desea obtener presiones elevadas en el ciclo de refrigeración, y solo se emplean presiones moderadas en las grandes instalaciones de oxígeno, tales como pueden ser producidas por los turbo-compresores comerciales. Eso no puede hacerse en los sistemas de ciclo sencillo. Para hacer éso con el objeto de utilizar un compresor en el cual el refrigerante comprimido no es contaminado por los vapores de hidrocarburos. Por la eliminación de esos vapores, la instalación puede funcionar por periodos mucho más largos que si la efectividad de la transferencia de calor fuese reducida por la

acumulación de depósitos en la superficie de transferencia de calor, o si la eficiencia de la turbina B (ó del expansor de turbina B') fuese reducida por las dichas acumulaciones en las paletas.

Una ventaja adicional del uso de nitrógeno en el ciclo externo es que el nitrógeno retorna del ciclo de separación en donde ha sido aproximadamente encontrado con una temperatura baja, tal como la que encontrará en el ciclo de refrigeración.

En particular en la turbina de expansión B' no llegará al punto de licuación. Por lo tanto, no habrá ninguna dificultad en la turbina ni en ninguna otra parte por el depósito del dióxido de carbono, hielo o vapor de agua.

Con referencia ahora a algunos de los detalles del ciclo externo de refrigeración, el turbo-compresor 17 comprime el refrigerante a como 68 kilogramos o menos, y descarga dentro del intercambiador. El intercambiador de refrigeración también está provisto con dos secciones invertibles de entrada 20-20 seguida por una sección 21 permanentemente en circuito. El vapor de nitrógeno es enfriado a como menos de 130 grados Centígrado en el intercambiador, y cuando el nitrógeno sale de la sección 21 divide una parte del nitrógeno que va al licuador 22 del ciclo externo y una parte al expansor de turbina B' que ya se ha mencionado más adelante. Esa parte del nitrógeno que pasa a través del expansor de turbina, se une con el nitrógeno vaporizado en el vaporizador 23, y se une con el nitrógeno vaporizado en el vaporizador 23, y se usa en retorno de la relación de intercambio de calor con el nitrógeno descendente para ser licuado en el licuador 22.

Hasta ahora se ha propuesto usar semejante expansor de turbina B' pero su uso es generalmente impracticable, y se le ha hecho práctico empleando el sistema descrito de dos ciclos, pues de ese modo se reduce o se eliminan las causas de operación ineficientes que hasta ahora habien hecho que el expansor de turbina no fuese de uso práctico. En conexión con esto la ausencia del dióxido de carbono, vapor de agua y vapor de aceite en el refrigerante viene a ser un factor importante. Además,


separando el ciclo de refrigeración del ciclo de separación, la presión de retorno existente en la cubierta de la turbina puede hacerse aproximadamente atmosférica, lo cual casi elimina todas las dificultades de empaquetadura alrededor del eje rotatorio. En un sistema de licuación de ciclo sencillo, la presión de la cubierta de turbina es de cinco a seis atmósferas o más, lo cual comprende una pérdida de fuerza por hacer girar el eje relativamente empaquetado fuertemente, y también el fuerte costo de entretenimiento de reponer la empaquetadura que se desgasta con suma rapidez. Cuando la presión es aproximadamente la atmosférica bastará una empaquetadura menos apretada, la fuerza es reducida y la empaquetadura no se desgasta con tanta rapidez.



Aún más, la reducción de la presión en la cubierta de la turbina a aproximadamente una atmósfera absoluta reduce la pérdida de arrollamiento de la rueda de turbina rotatoria a un valor bajo. Aún más, la turbina es más eficiente que un motor reciproco bajo condiciones de contra-presión baja, y una proporción moderada grande de expansión.

Una turbina tiene ventajas adicionales especiales por el hecho de que el rendimiento de fuerza de la turbina puede ser recuperado y bombeado otra vez a las líneas de abasto eléctricas. Eso se aplica tanto a la turbina B como al expansor de turbina B'. Para ese fin la rueda de turbina está conectada directamente o por medio de engranaje reductor a una máquina eléctrica sincrónica de corriente alterna C (ó c') construida para actuar ya sea como un motor o generador sincrónico. La máquina indicada en el dibujo tiene un excitador de corriente directa 27 y se suministra el equipo usual de arranque para hacer que la máquina arranque como un motor sincrónico. La turbina es arrancada de ese modo antes de que el resto del ciclo de refrigeración se ponga en funcionamiento. Con las válvulas para las toberas de turbina todas abiertas completamente, entonces se hace que arranque la refrigeración del compresor. La presión en el sistema se desarrolla; el fluido refrigeran-

te - aire o nitrógeno que se expanden a través de las toberas tocan contra las paletas de la turbina. Eso tiende a hacer que la rueda de turbina gire. Las reacciones en la máquina eléctrica mantienen la velocidad sincrona con el resultado de que la fuerza eléctrica se bombea en los tubos de abasto principales y en una proporción determinada por la cantidad del fluido refrigerante que pasa a través de las toberas de turbina y la velocidad con la cual ese fluido choca contra las paletas de la rueda turbina. Esta velocidad es determinada por la presión de la cual el fluido se dilata a través de las toberas.



La cabeza de presión de las toberas de turbina o mejor dicho, la cantidad de la presión de las toberas de turbina se desarrolla hasta que es suficiente para pasar todo el fluido a través de las toberas y en la proporción suministrada por el compresor. Varias toberas del tamaño adecuado se proporcionan para permitir que todo el aire o nitrógeno del compresor se dilate a través de las toberas, a la presión atmosférica sin exceder la presión máxima de refrigeración obtenible en cualquier temperatura especial en la turbina, cuya refrigeración disminuye con la temperatura, pero se reduce aún más rápidamente si se permitiese que la presión disminuyese. Cuando las temperaturas de funcionamiento llegan a la cantidad de refrigeración obtenibles para mantener el sistema entero funcionando entonces se puede ajustar de tiempo en tiempo con simplemente abriendo o cerrando una o más de las válvulas. La velocidad de la turbina será constante y la energía eléctrica bombeada otra vez en los conductores o tubos principales de abasto, automáticamente variará con el número de toberas en uso y la presión inicial correspondiente.

Esa disposición eléctrica por la cual la rueda turbina siempre gira con la misma velocidad, permite que los cubos de la turbina sean contruidos para la eficiencia máxima con esa velocidad. Esa eficiencia se mantendrá siempre en comparación con las eficiencias reducidas necesariamente obtenidas en las disposiciones, cuando la velocidad varia con la carga de cambio,

como cuando se emplean resistencias eléctricas para desperdiciar el rendimiento de energía de la turbina. La eficiencia de tobera máxima será obtenida cuando la turbina de expansión se usa en combinación con un turbo compresor para el fluido refrigerante. El curso de la presión característico del turbo compresor es algo plano, pero poco cambio ocurre en la presión cuando se cierran las toberas de turbina o se abren. No se obtienen presiones peligrosas aún cuando las toberas de turbina estén cerradas. Como quiera que la temperatura con la cual se licua el refrigerante varia con la presión se desprende que se pueden mantener temperaturas mucho más uniformes en el sistema de refrigeración por la combinación del turbo compresor y turbina de expansión.



Lo que se ha dicho en conexión con el expansor de turbina del ciclo externo se aplica a la turbina B.

Ambas turbinas son puestas sobre un piso de funcionamiento y colocadas con respecto a la unidad de separación de modo que los tubos de escape de la turbina sean relativamente cortos.

Hay que tener entendido que se puede usar una máquina de vapor de expansión de corta vapor en vez del expansor de turbina, porque una máquina como esa puede hacerse funcionar con una velocidad constante por medio de un corta-vapor de control adecuado y de la manera similar al control de tobera del expansor de turbina.

Cuando se pone en marcha el sistema, el aire atmosférico puede usarse como el refrigerante en el ciclo externo. Con el objeto de liberar ese aire del dióxido de carbono, es insertado a través de la torre 18, en donde una solución de sosa cáustica o potasa se hace circular por medio de la bomba 19. Una válvula de retención 29 en la entrada de la torre permite un curso de aire en el sistema solamente. Ese curso es necesario para suministrar la masa de refrigerante con el objeto de desarrollar la densidad del refrigerante a las presiones de funcionamiento. Cuando esas presiones son obtenidas y es-

pecialmente cuando el sistema entero es operativo para proporcionar un abasto de nitrógeno para el ciclo externo, la entrada del aire atmosférico cesa y la bomba 19 puede ser parada. En lo adelante el nitrógeno excedente que retorne con la presión atmosférica del intercambiador de refrigeración es descargado por la válvula de retención 30. Esa válvula evita la entrada del aire atmosférico sin purificación durante el periodo de la puesta en marcha. Las secciones invertibles 20 del intercambiador de refrigeración funcionan para sacar el vapor de agua durante el periodo de puesta en marcha.



Con referencia ahora a la columna no se añade ni se sustrae/ningún calor de la sección de bandeja 12. La sección de bandeja efectúa las fases rudas de separación. Las secciones de tubo que actúan como un número infinito de bandejas efectúan las fases finales de separación o purificación, y el calor es abstraído de los vapores ascendentes en la sección de tubo superior 16, y el calor es añadido en las dos secciones de tubo inferiores 13 y 11, y los productos finales son comercialmente vapor de nitrógeno puro y oxígeno líquido comercialmente puro, o de cualquiera pureza deseada de uno u otro de los productos finales. A propósito de éso, la columna es tal que puede ser accionada ya sea como un mecanismo de recuperación de oxígeno o como un mecanismo de recuperación de oxígeno comercialmente puro y el nitrógeno comercialmente puro, obteniéndose los resultados por las variaciones en la presión de rectificación. La proporción de las diversas partes de la columna es determinada por la pureza relativa de los productos deseados. El aire excedente comprimido proporciona reflujos bastantes fuertes para la separación completa. La compresión de más aire que el que se va a rectificar es valiosa en comparación con un sistema de dos ciclos, porque el excedente constituye un medio que puede ser accionado por el ciclo externo para proporcionar la refrigeración requerida.

También los gases raros sumamente volátiles de la atmósfera se acumulan en el excedente y del cual son más fácil y económicamente eliminados a las temperaturas muy bajas, en el vaporizador que forma el eslabón conector entre los ciclos externos y de separación.

Esos gases raros son eliminados por la válvula 31. Por la combinación se obtiene una mejor separación de los gases más raros. Esa compresión de más aire que el que se va a rectificar, así como ciertas características de construcción del rectificador y del mecanismo del intercambiador no son específicamente reivindicadas en la presente.

Aún más, proporcionando una sección de tubos en el tope de la columna en el cual el excedente de aire es normalmente evaporado, el ciclo principal puede ponerse en funcionamiento sin contaminar la parte que está sufriendo rectificación, suministrando el refrigerante líquido del líquido externo a dicha sección de tubo. En efecto, el sistema puede ser accionado constantemente suministrando el refrigerante directamente a esa sección de tubo. Para ese fin se suministra la conexión 32.

Por el procedimiento de dos ciclos no se requiere una purificación tan elevada del dióxido de carbono, como cuando se usa un solo ciclo. Una ventaja adicional del procedimiento de dos ciclos es que el diseño y la construcción de los intercambiadores y otras piezas pueden simplificarse y abarataarse, debido a las piezas más delgadas y más ligeras que con seguridad pueden usarse para que resistan con seguridad las presiones internas que son relativamente bajas. En la construcción de esas piezas, se pueden obtener materiales comerciales que de otra manera no podrían utilizarse debido a las elevadas presiones que usualmente se emplean.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente lo siguiente:

1.- Un método de rectificar gases mezclados tales como aire, en el cual el gas es comprimido precisamente a la presión requerida para obtener la licuación del mismo proporcionando calor al fluido que se está rectificando y en el cual el escape de calor y otras pérdidas termodinámicas están contrapesadas por un ciclo interno de refrigeración.

2.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la rectificación es efectuada bajo una presión tal como la compresión de los gases mezclados para ser rectificadas y que se requiere para efectuar la transferencia de calor en la rectificación, obteniéndose por un turbo-compresor.

3.- Un método de rectificar gases mezclados tales como aire, en el cual el calor y la refrigeración requerida para efectuar la separación es suministrada por un ciclo interno y el contrapeso de escape de calor y otras pérdidas termodinámicas se lleva a cabo por un ciclo externo.

4.- Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual uno de los componentes de rectificación, y preferiblemente el componente más volátiles utilizado como el refrigerante en el ciclo externo.

5.- Un método de rectificar gases mezclados tales como aire, conteniendo vapor de agua, caracterizado por el hecho de que la refrigeración es suministrada de un ciclo externo para condensar y congelar dicho vapor de agua substancialmente a las temperaturas en las cuales dicha condensación y congelación ocurren.

6.- Un método de rectificar gases mezclados tales como aire, conteniendo vapor de agua en un sistema que comprende un intercambiador, caracterizado por el hecho de que la refrigeración se suministra para condensar y congelar dicho vapor de agua pasando a través del intercambiador en adición al



fluido retornante un gas enfriado aproximadamente a la temperatura del intercambiador en la región de su introducción.

7.- Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual el gas que pasa a través del intercambiador es uno de los productos de rectificación descargados del extremo caliente del intercambiador y refriado a la temperatura deseada.

8.- Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual el gas que pasa a través del intercambiador es comprimido y reenfriado con preferencia por la expansión en un expansor turbina.

9.- Un método de rectificar gases mezclados tales como aire, el cual la rectificación se lleva a cabo a una presión superior a la atmosférica, y en el cual un ciclo externo de refrigeración incluyendo un compresor es empleado, y caracterizado por el hecho de que un componente de vapor de rectificación es utilizado como el refrigerante de un ciclo externo y conducido al lado de aspiración del compresor sin ninguna baja material en su presión.

10.- Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el cual la presión de rectificación es automáticamente regulada por medio responsivo a la variación de presión.

11.- Un método de rectificar gases mezclados en el cual se emplea un ciclo externo de refrigeración y la utilización en dicho ciclo de un refrigerante de tales características que las relaciones de temperatura de calor de las corrientes descendentes y de retorno del ciclo externo son substancialmente paralelas con el largo del intercambiador relativo al diámetro de los tubos en él de modo que dichas curvas están juntas.

12.- Un método de rectificar gases mezclados en el cual el componente de vapor es utilizado en un ciclo refrigerante externo comprimiéndole cuando está aproximadamente a la presión de rectificación y luego enfriándolo y dilatando parte de él, y la parte dilatada utilizada para licuar otra parte que es utilizada para la refrigeración en el ciclo de rectifi-

cación.-

13.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un ciclo interno para la rectificación, un ciclo externo para proporcionar la refrigeración accionando con una presión de retorno aproximadamente atmosférica, y un dilatador de turbina para dilatar el fluido refrigerante a dicha presión.

14.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un ciclo externo de refrigeración incluyendo una turbina de expansión, el líquido refrigerante pasando a través de dicha turbina habiendo sido previamente enfriado a una temperatura más baja que la obtenida en la turbina, de modo que el fluido refrigerante está libre de dióxido de carbono y vapor de agua antes de pasar a través de la turbina.

15.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una columna rectificante, secciones invertibles de intercambiador para enfriar el gas enfriante por los fluidos de retorno y medio para suplir la refrigeración de un ciclo externo para condensar y helar agua y enfriar las piezas metálicas a temperaturas de funcionamiento en las cuales esa refrigeración es suplida aproximadamente dentro de la latitud de temperatura de funcionamiento de dichas secciones de intercambiador.

16.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un ciclo externo de refrigeración en el cual parte del fluido refrigerante comprimido es enfriado a una temperatura baja antes de la expansión, en tanto que otra parte es dilatada con una temperatura relativamente elevada, medio para aplicar la parte primero mencionada a una parte relativamente fría del sistema y medio para aplicar dicha otra parte a una parte relativamente caliente del sistema.

17.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un rectificador, un intercambiador para el mismo, un ciclo externo de refrigeración incluyendo un turbo-compresor, un dilatador de turbina para dilatar parte del fluido refrigerante comprimido, medios por los cuales dicha parte

es aplicada al intercambiador, un segundo dilatador de turbina para dilatar otra parte, y medios por los cuales dicha parte es aplicada en una parte relativamente fría del sistema.

18.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un ciclo externo de refrigeración empleando como su refrigerante un componente producido en la rectificación y suministrado allí substancialmente a la presión de rectificación, un compresor en dicho ciclo para comprimir el refrigerante y medio para regular la presión de rectificación con referencia una válvula de desahogo para descargar el refrigerante excedente o un compresor para suministrar cualquier deficiencia en el refrigerante.

19.- Un método de rectificar gases mezclados de acuerdo con la reivindicación 18, en el cual el compresor en el ciclo externo se adapta para introducir un producto de rectificación como el refrigerante del ciclo externo y en el fluido de retorno del ciclo externo.

20.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un dilatador de turbina, un sistema de corriente alterna de una frecuencia substancialmente constante y un generador sincrónico accionado por dicha turbina y descargando su energía a dicho sistema de corriente alterna.

21.- Un método de acuerdo con la reivindicación 20, en el cual el generador sincrónico es también susceptible de funcionar como motor sincrónico.

22.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un dilatador de turbina y un dispositivo de carga conectado con él para hacer que funcione con velocidad constante y absorber de él dicho rendimiento de energía que pueda ser producido por el número de toberas en funcionamiento y la presión inicial del fluido dilatado.

23.- Un método de acuerdo con la reivindicación 22, en que se incluyen medios automáticos responsivos a la presión para regular el número de toberas en uso.



24.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un ciclo de refrigeración externo en el cual una parte del fluido refrigerante es dilatado y el fluido dilatado es utilizado para licuar otra parte del fluido refrigerante, cuya parte licuada es usada para suplir la refrigeración en el ciclo de rectificación.

25.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de un dispositivo de comprimir, tal como un turbo-compresor para comprimir los gases mezclados y torres de purificación en sus lados de descarga a través de las cuales pasan los gases comprimidos.

26.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una torre de purificación asociada con un ciclo externo y adaptada para admitir el aire para el uso como un refrigerante para el arranque y hasta que la densidad del refrigerante se desarrolle a las presiones accionantes.

27.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de intercambiadores de separación y o refrigeración de gran largo relativo al diámetro del tubo interno, de modo que las diferencias de temperatura son disminuidas a valores bajos.

28.- Un método de rectificar gases mezclados que comprende el uso de un vaporizador que forma el eslabón conector entre los ciclos externo e interno.

29.- Un método de rectificar gases mezclados comprendiendo el uso de una máquina de expansión de velocidad constante o dilatador de turbina que tiene un control variable de cierre o admisión o tobera, de suerte que la refrigeración pueda ser variada sin afectar la velocidad de la máquina o turbina, variando la cantidad de refrigerante suplido y cambiando correspondientemente la capacidad de la máquina o turbina para absorberle.

30.- Un método de rectificar gases mezclados en el cual las relaciones de temperatura-calor están substancialmente paralelas y juntas, y que consiste en efectuar la rectificación en



un ciclo principal, de suerte que la presión de los gases comprimidos descendentes y los constituyentes de retorno son bajos y relativamente precisos, y contrapesando o equilibrando el escape de calor y las otras pérdidas electrodinámicas por un ciclo externo de suerte que el constituyente más volátil en la rectificación es utilizado como el refrigerante.

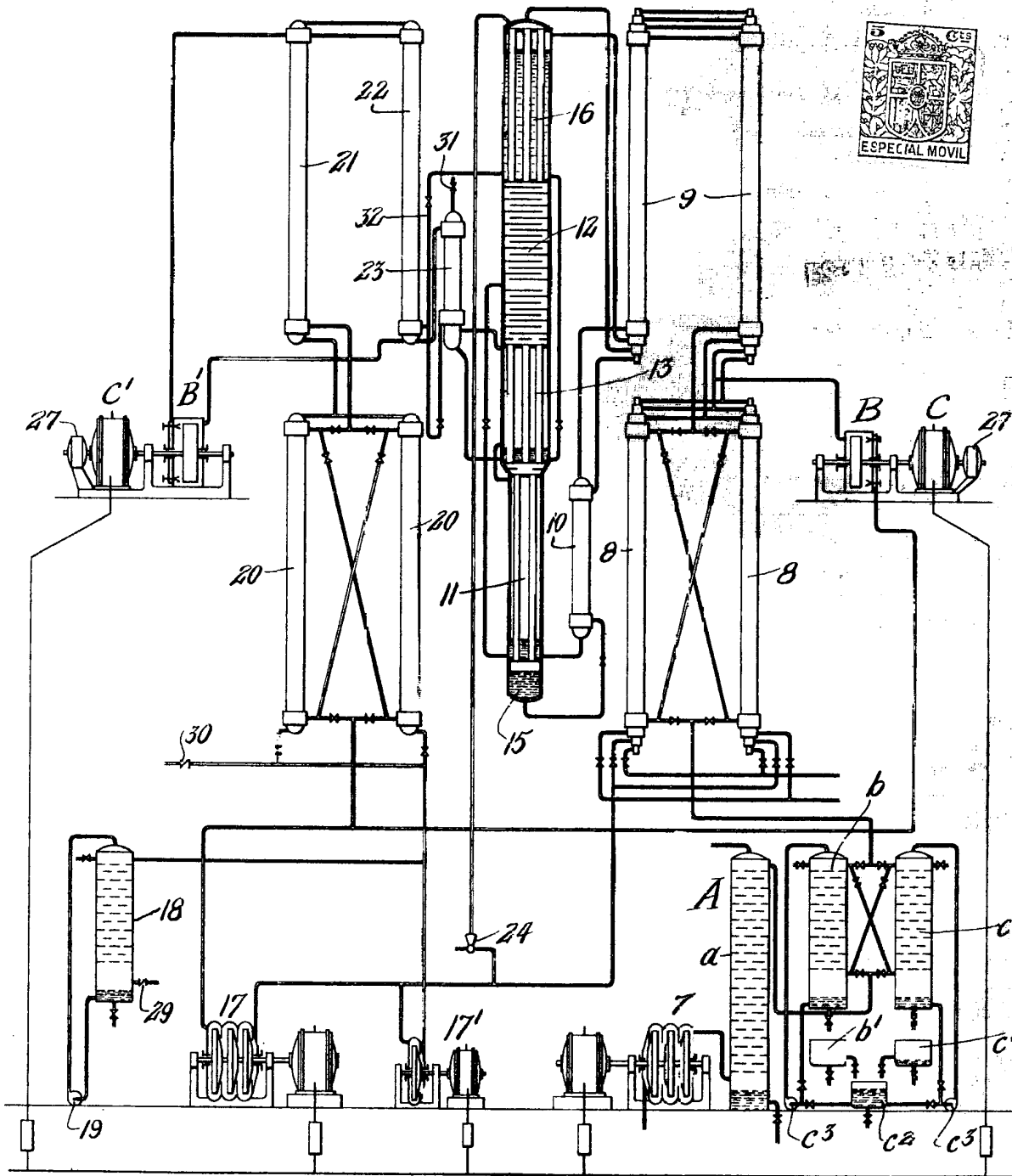
31.- Perfeccionamientos en o relacionados con la rectificación de gases mezclados.

Madrid, 13 de Octubre 1927.
Samuel Gordon Allen, Trustee.

P.A.

SANTOS LA CEREZA





Madrid, 13 Octubre 1927

[Handwritten signature]