

10

al espacio necesario y al material utilizado. En cambio, el trabajo de compresión consume una gran cantidad de energía. Ciertos que se ha tratado de recuperar la energía de los gases residuales, pero hasta ahora esta recuperación no se ha logrado mas que parcialmente, pues el trabajo de compresión no ha podido compensarse mas que por una recuperación de energía que apenas representa de un 40 a un 60 % del trabajo suministrado. Para esto hay que tener en cuenta el hecho de que el volumen de los gases residuales resulta disminuido a consecuencia de la utilización del oxígeno del aire y de la absorción, y por el hecho de que el rendimiento de la máquina de expansión y del compresor no es evidentemente del 100 %.

15



20

Ya se ha empleado la parte de la energía calorífica de los óxidos nitrogenados calientes que no ha servido para recalentar la mezcla de aire y amoníaco, para recalentar los gases residuales sometidos a la expansión. Pero en este caso, estos gases residuales no eran recalentados sino en cuanto su energía no bastaba para compensar el trabajo de compresión.

25

30

Se ha descubierto que los gases residuales pueden calentarse previamente por el calor existente en el sistema, a tal temperatura que en el momento de su expansión estos gases compensan completamente o casi completamente y en ciertos límites de presión el trabajo de compresión. Según el presente invento, los gases residuales destinados a ser introducidos en la máquina de expansión se calientan previamente a tal temperatura que los gases de expansión de la máquina estén bastante calientes para re-

35

40

calentar en la primera fase los gases de compresión procedentes de la absorción, después de lo cual estos gases comprimidos se recalientan en la segunda fase, por el intercambio de calor con los gases de combustión, y esto hasta la temperatura deseada. Según el invento, los gases residuales que deben expansionarse se calientan, pues, exclusivamente

45

por medio del calor presente en el sistema y a una temperatura cuyo grado se determina, de una parte, por la presión elegida en cada caso, y de otra parte por el trabajo de compresión que se ha de suministrar y por las pérdidas que se producen. Este calentamiento se efectúa de manera que se recalientan primero los gases residuales por medio de los gases de

50



expansión, para llevarlos luego a la temperatura mas elevada que se desea por medio de los óxidos nitrogenados. Al efecto, el calor necesario para el recalentamiento y la temperatura elevada de los gases de combustión quedan siempre disponibles, en tanto que el calor necesario para la obtención de la temperatura mas elevada se toma de los óxidos nitrogenados calientes. La temperatura de estos óxidos no se disminuye entonces sino en cuanto basta todavía para recalentar la mezcla amoniaco-aire a la temperatura óptima.

60

65

Ya se conoce el sistema de emplear para recalentar los gases de expansión, al expansionarse los gases calientes en los motores de expansión, el calor contenido en los gases de escape expansionados. Igualmente se ha propuesto recalentar, cuando se realiza la absorción a presión de cualesquiera gases, los residuales no absorbidos antes de la expansión por me-

70

dio de una fuente de calor exterior, de manera que proporcionen en amplia medida la energía de compresión necesaria.

75

Al lado de estos conocidos procedimientos de trabajo, el procedimiento del invento posee el caracter distintivo nuevo consistente en que los gases residuales no absorbidos se calientan a una temperatura bastante mas elevada que lo han sido hasta ahora. Este procedimiento no podía preverse de

80



poner de plano que el calor de los gases de escape se podía emplear para recalentar a una temperatura tan elevada los gases de presión procedentes de la absorción, y porque, de otra parte, había que contar con dificultades que se producirían inevitablemente al

85

introducir gases así recalentados en la máquina de expansión, en particular en lo que concierne al material de construcción de dicha máquina y a los lubricantes. Por el presente procedimiento se llega a suprimir estas dificultades de la manera descrita mas abajo.

90

La figura 1 del dibujo anexo representa esquemáticamente y a título de ejemplo una instalación que sirve para poner en práctica el procedimiento según el invento.

95

En ella se comprime a la necesaria presión de 8 atmósferas, por ejemplo, y en una máquina de émbolo 1, el aire que sirve para la combustión. Este aire comprimido se limpia cuidadosamente del aceite en el filtro 11, y después se conduce al cambiador de calor 3. Se inyecta amoniaco líquido en la conducción de aire por una bomba de dosificación, 2.

100

105

Esta bomba 2 está acoplada a la máquina de émbolo 1, de manera que se asegura una relación constante entre las cantidades de amoniaco y de aire. La mezcla amoniaco-aire, comprimida a 8 atmósferas, se recalienta por el paso al través del cambiador 3 a unos 330°, y en seguida penetra en el aparato de oxidación 4. Los gases mezclados con los óxidos nitrogenados formados en este elemento, y calentados por el calor de reac-

110



ción a unos 850°, atraviesan el cambiador 5 y llegan, después de haber cedido una parte de su calor, a una temperatura de unos 425° en el cambiador 3, que abandonan recalentando la mezcla aire-amoniaco a una temperatura de unos 204°. Los óxidos nitrogenados son

115

enfriados definitivamente en el refrigerador 6, siendo separada la parte condensada y oxidada en los aparatos de absorción 7, y absorbida en agua. Los gases residuales que salen del lavador alcalino 8 a una temperatura de unos 25° se recalientan en el cambia-

120

dor de calor 9 a unos 250°, y después se calientan en el cambiador 5 a unos 780° y se llevan luego a la máquina de expansión 1. Los gases de escape salen de la máquina de expansión a una temperatura de unos 375° y son eliminados después de haber pasado por el cambiador 9. Los grifos 12 y 13 sirven para regular la temperatura de la mezcla amoniaco-aire, por una parte, y por otra la de los gases residuales. La conducción 14 y el grifo 15 sirven para la introducción del vapor de agua recalentado que sirve para poner en marcha la máquina de émbolo. La válvula de retención 16 impide que el vapor vuelva al interior.

125

Los grifos 12 y 13 sirven para regular la temperatura de la mezcla amoniaco-aire, por una parte, y por otra la de los gases residuales. La conducción 14 y el grifo 15 sirven para la introducción del vapor de agua recalentado que sirve para poner en marcha la máquina de émbolo. La válvula de retención 16 impide que el vapor vuelva al interior.

130

Las temperaturas aproximadas indicadas a título de ejemplo para el esquema descrito se basan

135

en una presión de trabajo de 8 atmósferas. La temperatura de recalentamiento de la mezcla amoniaco-aire, la de los óxidos nitrogenados que salen del aparato de oxidación, así como la de los gases residuales expansionados que salen de la máquina de expansión pueden también mantenerse en el orden de magnitud indicado

140

para otras presiones. La temperatura de los gases que se han de introducir en la máquina de expansión puede regularse según la presión utilizada. Las demás temperaturas indicadas varían según la presión elegida y según la temperatura mas alta correspondiente a la presión de cada caso particular.

145



Para los gases expansionados, se puede, naturalmente, fijar también otra temperatura. La capacidad de los cambiadores de calor debe en cada caso adaptarse a las condiciones de trabajo dadas. El número de los cambiadores de calor, así como el paso de los gases por ellos, pueden combinarse de manera distinta.

150

Según el ejemplo arriba indicado, el descenso de temperatura de los gases residuales es:

$$T_1 - T_2 = 780^\circ - 373^\circ = 407^\circ$$

155

Si, permaneciendo iguales las condiciones de trabajo, se condujeran los gases residuales del lavador alcalino 8 directamente al cambiador de calor 5, el valor de T_1 sería únicamente de $780^\circ - 250^\circ \pm 25^\circ = 555^\circ$. Si se expansiona un gas calentado a

160

$T_1 = 555^\circ$ de 8 atmósferas a 1 atmósfera, se obtiene una temperatura final de 232° ; el descenso de temperatura de los gases residuales $T_1 - T_2 = 555^\circ - 232^\circ$ no sería, pues, mas que de 323° , es decir, que el equivalente de trabajo de la cantidad de calor transformable no

165

bastaría ya a compensar el trabajo de compresión.

170

A consecuencia de las altas temperaturas iniciales de los gases residuales, que sirven de base al presente procedimiento, se producen muchas dificultades, especialmente en cuanto a la elección del material de construcción, que, sin dejar de poseer las propiedades necesarias para la construcción de motores, debe resistir suficientemente el calor. Análogas dificultades se encuentran en la elección del lubricante.

175



Para presiones mas pequeñas, y por consiguiente para temperaturas iniciales mas bajas, las dificultades mencionadas pueden vencerse, por ejemplo, empleando una turbina de gas de acción, dependiendo el descenso de la temperatura de los gases del descenso de tensión que entonces se produce ya

180

a la salida de las toberas. Para las toberas fijas se encontrará sin dificultad un material lo bastante resistente al calor. Como todas las demás partes de la turbina no están expuestas sino a la temperatura de los gases expansionados, esto permite vencer las mencionadas dificultades.

185

Estas dificultades pueden también vencerse empleando una máquina de émbolo, con objeto de que se produzca la expansión de los gases residuales

190

y la compresión de la mezcla de aire para la combustión en el mismo cilindro, y que alternativamente, a cada periodo de expansión de los gases residuales suceda un periodo de compresión del aire de combustión. Por estas disposiciones se asegura, tanto para el material de construcción como para el engrase del cilindro, una temperatura media suficientemente baja.

195

Un procedimiento de trabajo de este gé-

200

nero puede realizarse fácilmente en un ciclo de cuatro tiempos. Este ciclo de trabajo está representado por el diagrama teórico de la figura 2.

205

Durante la primera carrera, del punto A al punto B, el aire de combustión es aspirado a una temperatura de unos 20°; durante la segunda carrera, de B a C, una parte del volumen de aire es aspirada y después expulsada durante una parte de la carrera, en tanto que durante la otra parte se produce la compresión del aire de combustión; el aire comprimido es finalmente enviado a presión a la conducción, entre los puntos D y E. Durante la primera parte de la tercera carrera, en el punto E, comienza la llegada de los gases residuales. Estos llenan hasta el punto F y la expansión se produce de F a G; de C a B se produce un avance en el escape y de B a H el escape.

210



215

Resulta de esto que la primera y la segunda carrera, a excepción de la parte B - C, corresponden a un diagrama de compresión, y la tercera y cuarta carrera a un diagrama normal de una máquina de expansión.

220

El diagrama descrito es puramente teórico, pues en la práctica el campo de trabajo del diagrama resulta mas pequeño. La superficie rayada DFGBC representa el trabajo positivo, la superficie EE'DD' y la superficie HAP el trabajo negativo. La diferencia representa el exceso de trabajo para la compensación de los pérdidas.

225

Es de notar que en los gases residuales que salen de la lejía alcalina, no hay sino vestigios mínimos de NO₂, los cuales se disocian igualmente a la temperatura mas elevada utilizada, de mane-

230

ra que los gases que no contienen sino vestigios de NO no producen corrosión.

235

El procedimiento de trabajo descrito puede también aplicarse en el caso en que la combustión de la mezcla amoniaco-aire tenga lugar sin presión y en que solo la absorción se produzca a presión. En este caso, la compresión de los gases nitrogenados puede tener lugar por medio de un turbo-compresor ya propuesto con este objeto, y que puede ser accionado, por ejemplo, por una turbina de gas, accionada a su vez por los gases residuales como se ha descrito.

240



-o- N O T A -o-

245

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de VEINTE años, son los siguientes:

250

1º - Un procedimiento para recuperar el trabajo de compresión en la fabricación del ácido nítrico a presión, utilizando la energía de los gases residuales no absorbidos y el calor de reacción procedente de la oxidación del amoníaco; caracterizado porque se calientan los gases residuales que se han de introducir en la máquina a tal temperatura que los gases de expansión de la máquina de expansión estén bastante calientes para permitir recalentar en la primera fase los gases de compresión procedentes de la absorción, siendo estos gases en la segunda fase, y por el intercambio de calor con los gases de combustión, recalentados hasta la temperatura deseada.

255

260

2º - Un procedimiento según se reivindica en el punto 1º, caracterizado por que el calentamiento de los gases residuales a la alta temperatura

de entrada es enteramente producido por los óxidos nitrogenados calientes y el calentamiento de la mezcla aire-amoniaco lo es por los gases de escape calientes.

265

3º - Un procedimiento según se reivindica en los puntos 1º y 2º, caracterizado por que la expansión de los gases residuales muy calientes tiene lugar en una máquina de émbolo, de tal manera que dicha expansión y la compresión de la mezcla de aire tienen lugar en el mismo cilindro.

270

4º - Un procedimiento para la recuperación del trabajo de compresión en la fabricación del ácido nítrico bajo presión.

275

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y con los fines que se han especificado,

Esta Memoria consta de diez hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 27 de Julio de 1933.

P. A.

Alberto de Elzaburu



