

(19)



República Argentina
Ministerio de Economía y Producción
Secretaría de Industria, Comercio y de la
Pequeña y Mediana Empresa
Instituto Nacional de la Propiedad Industrial

(11) No de Publicación:

AR 018599 A1

(41) Fecha de Publicación:

28.11.2001

(51) Int. Cl:

B01D59/10; B01D59/50;

(12)

Solicitud de Patente Independiente

(21) No de Solicitud: **P990102053**

(71) Solicitantes: **COMISION NAC DE EN ATOMICA CNEA
[AR]**

(22) Fecha de Solicitud: **03.05.1999**

(30) Prioridad/es: **1999P102053 AR 03.05.1999**

(72) Inventor/es:

(54) **Título:**

**UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSION
GASEOSA DE ALTO RENDIMIENTO, Y PLANTA QUE LA
CONTIENE**

(57) **Resumen:**

Una unidad modular de enriquecimiento isotópico por difusión gaseosa, de alto rendimiento y flexibilidad, y la planta de enriquecimiento por difusión gaseosa compuesta por dichos módulos integrados. La unidad modular de enriquecimiento isotópico integra múltiples etapas de enriquecimiento para lograr un alto rendimiento separativo mediante la recirculación interna de una fracción del fluido difundido de cada etapa. Esto permite mejorar el rendimiento separativo, sin aumentar la complejidad de las conexiones. Su rendimiento energético se mejora utilizando los gases de salida de la turbina que provee de trabajo mecánico al módulo y el calor generado en el proceso, en un ciclo térmico. La planta de enriquecimiento por difusión gaseosa, comprende dichas unidades modulares de enriquecimiento conectadas en serie y el número de etapas de 1 o más de dichas unidades es diferente.

Una aplicación de la unidad modular es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa. Otra aplicación es la separación entre distintos compuestos químicos, que al igual que los isótopos de un mismo elemento, tengan distinto peso molecular.

(19) Pais ARGENTINA

(21) N° de Solicitud: _____

(11) N° de Patente: _____

(12) Tipo de Solicitud:

☒ Invención (A)☒ Primaria (1)☐ Adicional (2)
(Perfeccionamiento)
a la Patente N°: _____(72) Inventor: **JUANICÓ Luis E. - BRASNAROF Daniel O.**
FLORIDO Pablo C. - BERGALLO Juan E.

(74) Agente: _____

(19) <u>AR</u>	(12) <u>PI</u>	(41) Disp.	D	M	A	
(21) <u>990102053</u>	(22) Sol.	3	✓	99		
(11)	(24) Vig.					
(30) ☐ Prioridad Pais N°: _____		D	M	A	Int. Cl ^o B015 19/00	

(71) Solicitante: **Comisión Nacional de Energía Atómica**

Pais: República Argentina

Dirección: Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, Capital Federal

(54) Título: **"UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSIÓN GASEOSA, DE ALTO RENDIMIENTO, Y PLANTA QUE LA CONTIENE"**

(57) Resumen o palabras clave y dibujo o fórmula:

RESUMEN

~~La presente invención se refiere a~~ una unidad modular de enriquecimiento isotópico por difusión gaseosa, de alto rendimiento y flexibilidad, y la planta de enriquecimiento por difusión gaseosa compuesta por dichos módulos integrados.

La ~~presente~~ unidad modular de enriquecimiento isotópico integra múltiples etapas de enriquecimiento para lograr un alto rendimiento separativo mediante la recirculación interna de una fracción del fluido difundido de cada etapa. Esto permite mejorar el rendimiento separativo, sin aumentar la complejidad de las conexiones.

Su rendimiento energético se mejora utilizando los gases de salida de la turbina que provee de trabajo mecánico al módulo y el calor generado en el proceso, en un ciclo térmico.

La planta de enriquecimiento por difusión gaseosa, comprende dichas unidades modulares de enriquecimiento conectadas en serie y el número de etapas de 1 o más de dichas unidades es diferente.

Una aplicación de la ~~presente invención~~ unidad modular es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa. Otra aplicación es la separación entre distintos compuestos químicos, que al igual que los isótopos de un mismo elemento, tengan distinto peso molecular.

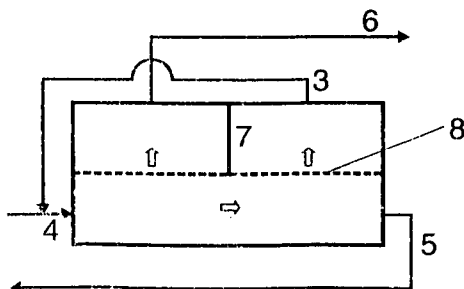


Fig. 2

Documentos citados: solicitud de patente argentina P960103907

33015 SQ10, 89/00

AR 003207 B1

13/12/04
Columbo Sig. 2

ELT
Aprolida

[Signature]

M.S. PALUMBO

Fig. Aprolida N° 2

14/10/99

ELT
Aprolida
[Signature]
Aprolida
30-8-99

REPUBLICA ARGENTINA
(AR)



I.N.P.I.

Secretaria de Coordinacion
Administ. Legal y Tecnica
Delegacion DCA SECRETARIA
SOLICITUD DE:

TIM:04 CFE:16
Nr:0010421
RUB: 262

SECRETARIA DE COORDINACION
ADMINISTRATIVA Y TECNICA

I.N.P.I.
MAY 1999
MESA DE ENTRADAS
10 33

Fecha de Presentación

PATENTE DE INVENCION: ☒

CERTIFICADO DE MODELO DE UTILIDAD ☐

I. Solicitante:

Acta N°:

1) Apellido y Nombre/Denominación o Razón Social:

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

2) Documento de Identidad:

Estado Civil:

Nupcias:

Nombre del Cónyuge:

3) Caja de Jubilacion o AFJP:

N° de CUIL o CUIT:

IVA:

4) Inscripto en el Registro Industrial de la Nación (Decreto-Ley 19.971/72) N°

5) Domicilio Real: Av. del Libertador N° 8250, Capital Federal, República Argentina

Legal: el mismo.

(1429)

II. Objeto

6) Título de la Invención: **"UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSIÓN GASEOSA, DE ALTO RENDIMIENTO, Y PLANTA QUE LA CONTIENE"**

7) Carácter de la Patente:

a) Definitiva, por el término de 20 años

b) Adicional a la Patente N°

8) Ley 17.011 Fecha Prioridad:

País

N°

III. Documentación acompañada

9) Se acompaña:

- a) Comprobante pago servicio requerido
- b) Formulario anexo en duplicado
- c) Carátula en duplicado

☒
☒
☒

INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

SOLICITUD DE: PATENTE DE INVENCION TRAMITE: -----

FECHA: 03/05/1999 HORA: 10:33

RESP: Particular

CODIGO DE BARRAS DEL EXPEDIENTE



01999010205303051033

P19990102053

BUSQUEDA COLA TRABAJO



P19990102053

SECRETARIA DE COORDINACION
ADMINISTRATIVA Y TECNICA
DELEGACION DCA SECRETARIA

TIM:04 CFE:16
Nr:0010421
RUB: 262

SECRETARIA DE COORDINACION
ADMINISTRATIVA Y TECNICA
DELEGACION DCA SECRETARIA

- | | |
|---|-------------------------------------|
| d) Memoria descriptiva en duplicado | ☒ |
| e) Reivindicaciones en duplicado firmadas | ☒ |
| f) 2 copias de la 1° reivindicación - Resumen | ☒ |
| g) Dibujos en triplicado | ☒ |
| h) Número de planchas | ☐ |
| i) Reducciones | ☒ |
| j) Copia certificada (Ley 17.011) | ☐ |
| k) Documento de Cesión | ☐ |
| l) Dibujos informales | ☐ |

IV. Sociedades

10) Sociedad, representada por: Ing. Jorge Aníbal FERNÁNDEZ

quién declare bajo juramento que inviste el caracter de Representante
que su mandato se encuentra vigente y que la Sociedad se halla inscripta en

Fecha	N°	F°	Lib.	T°
-------	----	----	------	----

V. Mandato

11) Poder inscripto en: Resolución CNEA N° 60/96 Registrado en el INPI bajo N°.

Otro Registro: N°:

12) En este acto, se autoriza a:

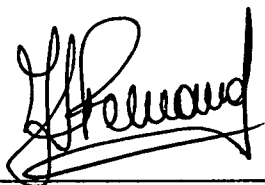
13) Se acompaña poder - Resolución CNEA N° 60/96 ☒

14) Caja Jubliación o AFJP . N° CUIL O CUIT:

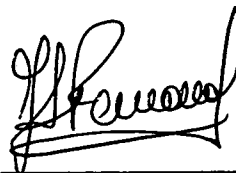
VI. Declaración:

16) A los efectos del Decreto sin número del 7 de Junio de 1901 (sobre patentabilidad en el extranjero) manifiesta que el invento no ha sido patentado en el extranjero

VII. Observaciones: _____



(Firma del autorizado)
Ing. Jorge Aníbal FERNÁNDEZ
Responsable de Patentes - CNEA



(Firma del solicitante)



Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

denominada

**“UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSIÓN
GASEOSA, DE ALTO RENDIMIENTO, Y PLANTA QUE LA
CONTIENE”**

Solicitada por

**Comisión Nacional de Energía Atómica, residente en
Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, Capital Federal,
República Argentina**

**Inventores: JUANICÓ Luis Eduardo
BRASNAROF Daniel Oscar
FLORIDO Pablo Carlos
BERGALLO Juan Esteban**

Por el plazo de 20 años

2
3 MAY 1989

La presente invención se refiere a una unidad modular de enriquecimiento isotópico por difusión gaseosa, de alto rendimiento y flexibilidad, y la planta de enriquecimiento por difusión gaseosa compuesta por dichos módulos integrados. Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa. Otra aplicación es la separación entre distintos compuestos químicos, que al igual que los isótopos de un mismo elemento, tengan distinto peso molecular.

Dicha unidad modular de enriquecimiento isotópico integra múltiples etapas de enriquecimiento para lograr un alto rendimiento separativo mediante la recirculación interna de una fracción del fluido difundido de cada etapa. Su rendimiento energético se mejora utilizando los gases de salida de la turbina que provee de trabajo mecánico al módulo y el calor generado en el proceso, en un ciclo térmico.

Una aplicación de la presente invención es la utilización de dichos módulos integrados puestos en serie o cascada, para conformar una planta de enriquecimiento por difusión gaseosa para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio.

Desde sus orígenes las plantas de difusión gaseosa se encuentran construidas sobre las base de unidades separadoras o separativas conectadas en serie conformando unidades de proceso o módulos en los cuales se encuentran típicamente entre 10 y 20 unidades separadoras, los cuales a su vez se conectan nuevamente en serie en un cierto esquema de cascada hasta completar lo que se conoce como planta de difusión gaseosa.

En teoría cada una de estas unidades separadoras debería tener un tamaño diferente a fin de acercarse al comportamiento del esquema de la cascada ideal de la planta (con mezclado de flujos siempre de igual enriquecimiento), sin embargo en la actualidad los tamaños de las

unidades separadoras se restringen a tres (típicamente), de forma de que se faciliten las tareas de construcción y montaje, así como el grado de estandarización de la misma.

El objetivo de estas plantas es realizar la separación isotópica de un determinado material, basándose en las diferencias de masa de los isótopos integrantes del mismo. Típicamente las plantas para enriquecimiento de uranio se encuentran diseñadas para alcanzar un enriquecimiento del 5 % en U^{235} (uranio 235) partiendo de uranio natural, existen otras que lo llevan al 20 % y por último se han desarrollado plantas que lo pueden enriquecer a niveles superiores al 93 %, siendo las mismas de uso típicamente militar.

Cada uno de estos grados de enriquecimiento se obtiene mediante el agregado de nuevas unidades separadoras conectadas en serie a las anteriores.

Analizando cuáles son las razones fundamentales que gobiernan la economicidad de las Plantas de Difusión Gaseosa, se encontró que con una concepción distinta al diseño clásico, como la de la invención, se podría mejorar substancialmente esta situación de manera de ser competitiva, aún con las ultra centrífugas de futuras generaciones y plantas A.V.L.I.S.

Como antecedente de la presente invención, ^{Boletín 59.581/90} se puede mencionar a la solicitud de patente argentina P960103907 (Ex Acta 337775), que divulga una unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, de etapas múltiples integradas. Esta unidad modular contiene un número variable de flujos con distinto grado de enriquecimiento, impulsados por un compresor axial en trabajo simultáneo, el conjunto de membranas o elementos separadores, el difusor (con sus internos, es decir separadores de caudal, orientadores de flujo, sostenedores de componentes), las

cañerías exteriores y las válvulas, los recirculadores e intercambiadores de calor y el sistema de salvaguardia relacionado.

Las etapas de difusión se componen por dos tramos consecutivos de tubos porosos por los que circula el fluido mientras difunde parcialmente hacia el recinto exterior. Ambos tramos se conectan por medio de un plenum que permite diferenciar el número de tubos en cada tramo para lograr fijar así libremente la fracción de fluido difundido en cada uno recirculado internamente en cada etapa. Cada etapa de separación y enriquecimiento, se denomina celda base. El flujo de salida no difundido (empobrecido) alimenta la etapa anterior, mientras que la salida enriquecida alimenta a la siguiente etapa de enriquecimiento pasando previamente por el intercambiador térmico y el compresor.

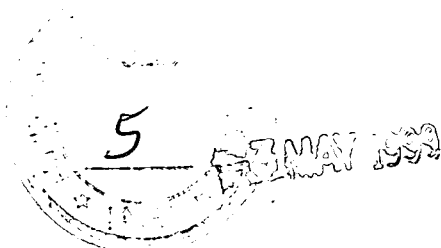
Dicha patente también divulga a la planta de enriquecimiento que contiene dichas unidades modulares, conectadas en serie.

El inconveniente que presenta dicho arte previo es su bajo rendimiento productivo y energético. Es objeto de la presente invención solucionar dicho inconveniente, mejorando dichos aspectos.



La unidad modular de enriquecimiento de la presente invención integra múltiples etapas de enriquecimiento, para lograr un alto rendimiento separativo mediante la recirculación interna de una fracción del fluido difundido de cada etapa. Ello mejora el rendimiento de la celda base, donde se efectúa la separación y el enriquecimiento, empleando la recirculación interna en una fracción arbitraria del caudal total difundido, en una forma tal que integre dos etapas en la conformación de la celda base reduciendo al mínimo el número de conexiones.

Dicha mejora del rendimiento, se complementa con un aumento del rendimiento energético, que se logra utilizando los gases de salida de la turbina que provee de trabajo mecánico al módulo y el calor generado en el proceso, en un ciclo térmico. Una posibilidad es utilizar estos gases



para evaporar agua que genere trabajo por expansión en una turbina de vapor acoplada a la turbina de gas, con el objeto de reducir el consumo de combustible.

En los aspectos generales, la unidad modular de enriquecimiento isotópico de la presente invención mantiene el concepto de la solicitud de patente argentina P960103907, es decir la cascada de separación isotópica molecular por difusión gaseosa compuesta por etapas, dispuestas en un sistema modular integrado, contando las mismas con membranas porosas o difusores en donde se produce la separación, un compresor axial multifujo encargado de impulsar varias corrientes con concentraciones diferentes en paralelo, intercambiadores de calor para mantener el proceso a una cierta temperatura constante, recirculadores del gas que no ha difundido a través de las membranas, utilizando un esquema de contracorriente simétrico de cascada de separación; cañerías y válvulas asociadas al proceso. El cambio fundamental que se realiza con la invención es la recirculación interna, en la celda base de separación, de una fracción arbitraria del caudal total difundido, integrando dos etapas en la conformación de la celda base, sin complicar el número de conexiones.

La integración de las etapas en un módulo permite además una gran flexibilidad del número de enriquecimientos presentes por módulo (o lo que es equivalente, del tamaño de cada etapa de enriquecimiento) sin agregar diversidad de componentes. Así se logra mejorar el rendimiento del esquema de la cascada, mejorando su aproximación a cascada ideal (máximo rendimiento).

La unidad de enriquecimiento de la invención utiliza los compresores axiales descriptos en la solicitud de patente mencionada, a los que llamaremos multiflujos, para distribuir regularmente a lo largo de su circunferencia, las corrientes con concentraciones diferentes que

6

F3 MAY 1999

ingresan al mismo; junto con las membranas porosas multicapas con un factor de corte de separación de caudales entre 0,4 y 0,6, preferiblemente igual a 0,5 y con una presión de trabajo de 0,1 a 2 atmósferas. La manera de minimizar el mezclado en el compresor, entre las corrientes vecinas de los flujos con diferente grado de concentración, es desdoblarlos en dos o más corrientes de alimentación y de salida del compresor, ubicando en sectores angulares vecinos las etapas de enriquecimientos crecientes.

La invención permite alcanzar altos rendimientos en este tipo de plantas en escalas de pequeña producción utilizando la variabilidad del número de etapas por módulo para fijar el flujo total que debe impulsar el compresor en trabajo simultáneo en valores que permitan utilizar turbocompresores de gran eficiencia (axiales) en toda la cascada de enriquecimiento, mediante la recirculación interna del fluido en cada etapa y aprovechando la energía térmica del proceso y de los gases provenientes de la turbina.

La invención permite además constituir plantas de gran escala compuestas por varias de menor escala operando independientemente, mejorando de este modo significativamente el rendimiento de la misma en regímenes de carga parcial. Por ejemplo plantas entre las 250000 a 500000 U.T.S. (Unidad de Trabajo Separativo). La unidad de trabajo separativo (U.T.S.) es la diferencia de energías libres, entre un estado de enriquecimiento y otro, de un compuesto de dos variedades isotópicas para un kilogramo de masa.

Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa, y para tal fin, la unidad de la invención, incorpora en su interior dispositivos que permiten aplicar un sistema de salvaguardias sencillo y no intrusivo de alta precisión, que garantiza la no proliferación. La utilización de varias de estas unidades pueden ser ensambladas en serie para formar una planta

7 3 MAY 1993

industrial de enriquecimiento de uranio con la tecnología de difusión gaseosa. Además, debido a la escasa capacidad de proliferación que presenta la difusión en sí misma (alto nivel de acumulación de uranio en la cascada durante la operación "hold-up", entre otras), se incorpora a la unidad modular un Sistema de Salvaguardias, tal que posibilite un riesgo de proliferación prácticamente cero.

Otra aplicación de la presente invención es su utilización en la separación de hidrocarburos gaseosos, como ser del gas natural.

El objetivo principal de la presente invención es mejorar el rendimiento total de una unidad modular de enriquecimiento isotópico o en diferentes compuestos químicos y en consecuencia, de una planta de enriquecimiento.

Un segundo objetivo de la invención es mejorar el rendimiento separativo, sin aumentar la complejidad de las conexiones.

Un tercer objetivo de la invención es mejorar el rendimiento energético de la unidad modular de enriquecimiento y reducir, en consecuencia, el consumo de combustible.

Un cuarto objetivo de la invención es mejorar el rendimiento y la eficiencia del esquema de cascada de enriquecimiento conformada con módulos.

A fin de una mejor comprensión de la presente invención, se realiza a continuación la descripción detallada de la misma, en base a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura N° 1 muestra dos difusores en serie, que definen una nueva celda base, dentro de la cual se produce la recirculación interna, según el arte previo en enriquecimiento.

La figura N° 2 muestra una posible realización de la celda base de intercambio de la unidad de la invención. En ésta se integran ambas

8
3 MAY 1999

etapas y se logra así fijar la fracción de fluido difundido recirculado por medio de la posición de un tabique interno.

La figura N° 3 muestra los esquemas en corte transversal y corte longitudinal respectivamente, de una posible realización del recipiente anular y la ubicación de los difusores de las etapas, correspondientes al arte previo.

La figura N° 4 muestra la configuración en corte transversal, de un ejemplo de realización del recipiente anular, la ubicación de los difusores de las etapas, los inyectores, los reciclos entre las fracciones de la celda base y la sonda, según la invención.

La figura N° 5 muestra un ejemplo de realización de la invención, con un esquema del conexionado de una cascada modular de enriquecimiento con recirculación interna como el mostrado en la Figura N° 2.

La figura N° 6 muestra otro ejemplo de realización de la invención, en un esquema de cascada con integración física de los difusores de las etapas, utilizando el concepto ilustrado en la figura N° 4.

La figura N° 7 muestra un ejemplo completo de realización de la invención, en un esquema del conexionado de una cascada modular de enriquecimiento con recirculación interna, con etapas integradas, con la incorporación de un evaporador y una turbina de vapor, entre la turbina de gas y el módulo de enriquecimiento.

La figura N° 8 muestra el corte longitudinal vertical de la unidad de la figura N° 9. (una forma de realización de la invención)

La figura N° 9 muestra el interior de un ejemplo de realización física de la invención.

Las etapas de difusión gaseosa están compuestas por barreras porosas y se distinguen en ellas tres conexiones a flujos externos: la

9 MAY 1999

entrada o alimentación del fluido a separar, la salida del fluido que ha pasado a través de la barrera porosa (enriquecido) y la salida del fluido remanente empobrecido.

Se puede caracterizar la capacidad separativa de una etapa por su factor de separación, definido como el cociente entre las abundancias relativas del isótopo, o compuesto químico, de interés entre las salidas enriquecida y empobrecida.

Una manera de aumentar este factor consiste en conectar dos difusores en serie definiendo una nueva celda base, como se muestra en la Figura N° 1. La salida empobrecida del primer difusor (1) se conecta a la entrada del segundo (2), la salida del enriquecido del segundo difusor (3) se conecta a la alimentación del primero (4), lo cual constituye una recirculación interna de fluido dentro de la celda. La salida empobrecida del segundo difusor (5) y la salida enriquecida del primero (6) constituyen las salidas empobrecida y enriquecida de la celda respectivamente. Sobre esta celda base definida, puede constituirse una cascada de enriquecimiento a partir de un esquema de conexión contracorriente simétrico.

El aumento del factor de separación en la configuración descripta respecto al esquema de cascada clásico (sin recirculación interna), viene dado por el incremento en la concentración de alimentación efectiva de la celda debido a la recirculación interna, obteniéndose un mayor enriquecimiento de salida (6) de la celda.

La razón de caudales de la celda definida entre el enriquecido en el segundo difusor (3) y el total difundido se denomina fracción de recirculación interna.

Esta posibilidad de recircular el fluido difundido para mejorar la eficiencia de la celda base de la cascada de enriquecimiento es ampliamente conocida en la literatura de difusión gaseosa. En este caso,

10

10

M

fijando la posición del tabique, se fija la razón entre las áreas de difusión y por lo tanto la fracción de recirculación. Esta fracción del flujo difundido se logra recircular en esta invención sin el agregado de conexión, utilizando la integración física de las etapas.

En un ejemplo de realización, la unidad de la invención se cumplimenta totalmente considerando una unidad modular de etapas múltiples integradas, como la descrita e ilustrada en la solicitud de patente P960103907 mencionada anteriormente, empleando las nuevas etapas como la descrita, con lo cual se minimiza el número de conexiones. La presente invención conserva las características modulares de la unidad de enriquecimiento descrita en el antecedente, que permiten la integración espacial en un recipiente anular dividido en secciones angulares de múltiples etapas.

En las figuras N° 3a y 3b se observan esquemas en corte transversal y corte longitudinal respectivamente, de una posible realización del recipiente anular y la ubicación de los difusores de las etapas, correspondientes al arte previo. Mediante el empleo de tabiques verticales quedan determinados seis sectores angulares, en donde se ubican los difusores. Esta unidad modular tiene dos líneas de proceso en paralelo con tres etapas consecutivas de la cascada cada una, con concentraciones isotópicas de alimentación crecientes (1c, 2c y 3c) delimitadas por los tabiques (9). Dentro de cada sector angular se reconocen dos regiones, cada una representa un conjunto de tubos porosos con diferente sentido de circulación del fluido a difundir. La dirección de circulación del fluido dentro de los tubos es normal al plano del corte en la figura N° 3a, representándose el sentido entrante con una cruz (10) y el saliente con un punto (11). El fluido alimentado a cada sector recorre por el interior de los tubos primeramente el tramo en sentido entrante (un ejemplo de realización), el plenum (12) y finalmente el tramo en sentido saliente. El fluido difundido a través de los tubos

12 - 3 MAY 1989

(enriquecido) de cada etapa reingresa en la etapa siguiente mediante el impulso de un único compresor. Por otra parte el fluido empobrecido que sale por el extremo final de los tubos es recirculado a la alimentación de la etapa anterior por medio de inyectores.

La unidad de la invención presenta una nueva configuración a partir de la cualidad de integración espacial de múltiples etapas ubicadas sobre una corona circular como en el antecedente, conjuntamente con el empleo original de difusores compuestos con dos conjuntos de distinto número de tubos, y de un tabique de división entre estos últimos. Esta configuración no agrega complejidad alguna al diseño antecedente y permite fijar la fracción del caudal a recircular internamente, evitando la incorporación de líneas de interconexión, como las mostradas en las figuras N° 1 y 2 .

La configuración propuesta en esta invención, se ilustra en la figura N° 4, siendo la misma un corte transversal A-A de la realización práctica detallada en la figura N° 8. Ésta modifica simplemente la posición anterior de los tabiques verticales (9) por la nueva posición (7) con el objeto de separar las regiones correspondientes a los flujos entrantes y salientes de un mismo sector angular (según la configuración de la figura N°3). Se logra de esta manera integrar en un nuevo sector angular (13) dos salidas enriquecidas diferentes, una correspondiente al conjunto de tubos de flujo saliente (11) de una etapa junto con la del conjunto de tubos de flujo entrante de la etapa siguiente (10), para lograr la recirculación interna de este último flujo en la alimentación de la etapa. Nótese en la figura que los tabiques (9) que cambian su posición por los (7) son los marcados en líneas de trazos.

La mayor eficiencia separativa con la recirculación interna del fluido y su fracción se obtiene sin necesidad de agregar cañerías de interconexionado y unidades difusoras de diferente tamaño. El grado de

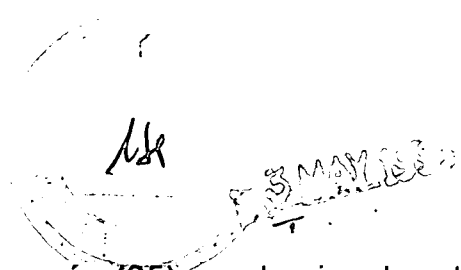
13
53 MAY 1999

recirculación puede elegirse libremente sin sobrecosto alguno, mediante la ubicación de un tabique (7), que divide la región de fluido difundido y/o por la variabilidad del área de difusión de las membranas (8). Estas membranas porosas ó conjuntos de tubos porosos (8), que constituyen el elemento separativo propiamente dicho, se conforman por un gran número de tubos paralelos de pequeño diámetro formados por un tramo de subida y otro de bajada conectados por un plenum. Este último permite variar el número de tubos de cada tramo (o la razón entre ellos) para fijar la fracción de flujo difundido que se recircula internamente en la etapa.

En la figura N° 5 se ilustra por simplicidad un esquema del conexionado de una cascada modular de enriquecimiento con reciclo interno como el mostrado en la figura N° 2, en la cual los difusores de las etapas separativas (14) no se encuentran físicamente integradas. En esta figura se aprecia el compresor multiflujo (15), los inyectores (16), los intercambiadores de calor (17) y líneas de conexión de proceso con otros módulos (18), como las descritas en el antecedente.

En la figura N° 6 en cambio se ilustra un esquema de cascada con integración física de los difusores de las etapas (19), utilizando el concepto descrito para la figura N° 4. Se aprecia la simplificación en el conexionado con respecto a la figura anterior, para lograr la recirculación interna de flujo y se distingue la salida única (20) de los flujos difundidos del primer tramo de cada etapa con el segundo tramo de la etapa siguiente.

El mayor rendimiento térmico, con la unidad de la presente invención, se alcanza colocando un evaporador (21) y una turbina de vapor (22) entre la turbina de gas (23) y el módulo, como se ilustra en la figura N° 7, de forma de utilizar los gases de salida de la turbina de gas (24) para evaporar el agua en el evaporador, el cual se expande en la turbina de vapor produciendo trabajo mecánico. Este trabajo se utiliza



para impulsar el compresor mediante el eje común (25) que lo vincula a la turbina de gas. La turbina de vapor así como el módulo mismo pueden calefaccionarse exteriormente rodeándolos con los gases de salida en su trayecto de descarga a la atmósfera (26). Esta posibilidad favorece el emplazamiento de las plantas modulares de enriquecimiento a cielo abierto, ya que permite reducir o aún eliminar la aislación térmica exterior al módulo. Por otra parte, el rendimiento energético de la unidad modular puede incrementarse utilizando una pequeña parte (27) del agua de refrigeración (28) proveniente de los intercambiadores de calor (17) del módulo para ingresarla al evaporador, y en su mayor parte (25) para condensar al vapor luego de ser expandido en la turbina (30) en el condensador de mezcla (31).

En la figura N° 8 se puede observar un ejemplo de realización de la invención, en corte por el eje longitudinal vertical de la unidad de enriquecimiento mostrada en la figura N° 9 según el esquema de la figura N° 7, en donde se ven las partes componentes para realizar el proceso mencionado; indicándose con flechas la circulación del gas a enriquecer. En dicha figura el compresor axial multifujo (15), accionado por el motor o las turbinas de gas (23) y vapor (22) comprime el fluido que pasó previamente por el intercambiador de calor (17), pasando el fluido comprimido al inyector (16) y luego al difusor que contiene el plenum (12), el soporte para las membranas y a las mismas (8). El fluido difundido (enriquecido) pasa al compresor en otra sección para realizar la siguiente etapa de enriquecimiento. El fluido no difundido vuelve al inyector (16), a través de las cañerías (5) y válvulas (32), donde es mezclado con el fluido en circulación, nivelando las presiones. En el centro de la unidad se puede observar una sonda (33) para efectuar análisis no destructivos con técnicas de espectrometría γ , neutrónicas y mediciones activas, la cual es parte esencial del sistema de salvaguardias no intrusivo. Este sistema tiene una muy baja incerteza garantizando la no proliferación.

15
MAY 1979

Como el caudal sin difundir debe ser recirculado a la entrada de la etapa de difusión anterior, se debe utilizar en la invención un recirculador, como ser un inyector (16), para cada corriente de concentración diferente, con el fin de hacer ingresar en forma conjunta al difusor el caudal de reciclo con el caudal proveniente del compresor sin pérdida por mezclado con otras corrientes y con alta eficiencia. Este inyector tiene características de un venturi, sin partes móviles, y permite simplificar o eliminar el diseño y mantenimiento de los compresores axiales para el reciclo de las actuales plantas, ubicados luego del difusor. Este punto difiere del diseño clásico, en donde el reciclo se inyecta en la última etapa del compresor axial o en otro compresor de retorno para diseños con compresores centrífugos o de desplazamiento positivo.

Dado que la unidad de la invención usa un compresor para comprimir caudales con diferentes enriquecimientos, se debe tratar de realizar una entrada y salida del compresor de forma de disminuir las mezclas del mismo. Esto se logra con la distribución similar a la detallada en la figura N° 4, para inyectar el gas a enriquecer dentro del compresor, en la cual se puede ver que los caudales de entrada han sido divididos en dos a fin de lograr a la entrada un gradiente lo menor posible entre las diferentes concentraciones isotópicas vecinas (eliminando la interfase entre la primera y la última etapa por geometría circular) a los efectos de disminuir las pérdidas por mezclado dentro del compresor.

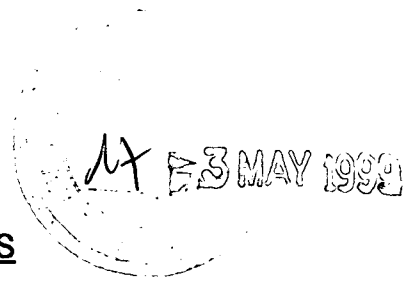
Por ese motivo se tiene la distribución de caudales a la entrada del compresor como la mostrada en la figura N° 4, con las distribuciones de 3 corrientes con concentraciones crecientes (1c, 2c, 3c). Las partículas recorren el compresor describiendo una trayectoria helicoidal (banda helicoidal) con una dispersión angular, para ingresar a la etapa de difusión. Si no hubiera dispersión angular en el proceso de compresión, la concentración a la salida en cada sector circular sería igual a la de la entrada, rotada un cierto ángulo. Debido a la difusión turbulenta (radial,

16 3 MAY 1972

axial y tangencial) y la existencia de flujos secundarios se mezcla en cierto grado con sus vecinos, sin ser ésta muy significativa. Para minimizar el mezclado en el compresor, se desdoblan en dos o más corrientes según lo mencionado anteriormente.

La unidad modular de enriquecimiento de la presente invención permite variar el número de etapas de enriquecimiento que conforman cada módulo (o lo que es lo mismo, variar el tamaño de cada etapa de enriquecimiento) sin variar el módulo mismo. Dado que no se agrega una mayor diversidad de componentes, es posible utilizar esta cualidad para realizar esquemas de cascada más eficientes, aproximando por un mayor número de caudales diferentes la cascada ideal de eficiencia máxima.

Siguen 22 reivindicaciones en página 17.



REIVINDICACIONES

Habiendo descripto y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara en lo que se reivindica como invención y de propiedad exclusiva :

1) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, del tipo que contiene etapas de separación, con varios flujos de circulación, cada uno con distinto grado de enriquecimiento, en donde cada etapa de separación y enriquecimiento se realiza en una celda base, que contiene medios de separación, con un compresor axial en trabajo simultáneo de compresión de dichos flujos, con la salida de cada flujo relacionada con un medio de difusión caracterizada porque una o más de dichas celdas base poseen medios de recirculación interna de fluido dentro de la celda, con medios internos para dividir la región de fluido difundido en una o más fracciones del caudal total difundido en la misma, dividiendo la celda en dos o más secciones, que completan una etapa de enriquecimiento, con una salida empobrecida de la primer sección que se conecta a la entrada de la siguiente y así sucesivamente, y con una salida del enriquecido de la última sección que se conecta a la alimentación de la anterior, y así sucesivamente, mientras que la salida de flujo difundido (enriquecido) de la primer sección se conecta al intercambio térmico previo a la siguiente etapa de enriquecimiento.

2) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 1, caracterizada porque dichos medios para dividir la región de fluido difundido dividen al mismo en una fracción del caudal total difundido en la celda, dividiendo la celda en dos secciones, con una salida empobrecida de la primer sección que se conecta a la entrada de la segunda, y con una salida del enriquecido de la segunda sección que se conecta a la alimentación de la primera, mientras que la salida de flujo

3 MAY 1999

18

difundido (enriquecido) de la primer sección se conecta al intercambio térmico previo a la siguiente etapa de enriquecimiento.

3) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizada porque todas las celdas base de enriquecimiento, poseen dichos medios de recirculación interna.

4) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichos medios internos para dividir la región de fluido difundido, es un tabique divisorio interno, que determina la fracción de recirculación.

5) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el flujo de cada etapa de separación y enriquecimiento, previamente al ingreso a dicha celda base, pasa por un inyector.

6) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 5, caracterizada porque dicho inyector es del tipo venturi.

7) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dicho medio de separación contiene membranas porosas.

8) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicación 7, caracterizada porque dichas membranas porosas están realizadas con múltiples capas.

9) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según cualquiera de la reivindicaciones anteriores, caracterizada porque a la entrada y salida de dicho compresor axial existen separadores de flujo.

10) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 9, caracterizada porque los caudales de entrada a

la unidad son divididos en dos o más secciones previo a la entrada al compresor axial conteniendo cada sección, los distintos flujos de enriquecimiento.

11) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 10, caracterizada porque dicho compresor axial es accionado por una turbina de gas.

12) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 11, caracterizada porque tiene un evaporador conectado a los gases de salida de dicha turbina de gas y la salida de dicho evaporador alimenta a una turbina de vapor, conectada mecánicamente con dicha turbina de gas.

13) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 12, caracterizada porque los gases de salida de dicha turbina de gas luego de pasar por dicho evaporador se introducen a medios de calefacción de la unidad modular.

14) Unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 13, caracterizada porque el agua de refrigeración proveniente de dicho intercambio térmico, previo de cada etapa, ingresa al evaporador.

15) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichas celdas de enriquecimiento tienen un factor de corte de separación de caudales de 0,4 a 0,6.

16) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicación 15, caracterizada porque el valor de dicho factor de corte de separación de caudales es de 0,5.

17) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el valor de la presión de trabajo está comprendido entre 0,1 y 2 atmósferas.

18) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la parte central del recipiente anular que contiene las etapas está despejada, y contiene sondas de detección para ensayos no destructivos.

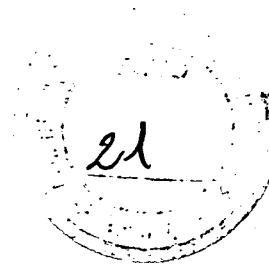
19) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el fluido a enriquecer es hexafluoruro de uranio, obteniéndose hexafluoruro de uranio enriquecido.

20) Unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizada porque el fluido a enriquecer es un hidrocarburo a partir de gas natural.

21) Planta de enriquecimiento por difusión gaseosa, que comprende las unidades modulares de enriquecimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichas unidades modulares están conectadas en serie.

22) Planta de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 21, caracterizada porque el número de etapas de 1 o más de dichas unidades modulares es diferente, es decir varía el tamaño de 1 o más etapas de enriquecimiento.

Ing. Jorge Anibal FERNÁNDEZ
Responsable de Patentes
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA



3 MAY 1999

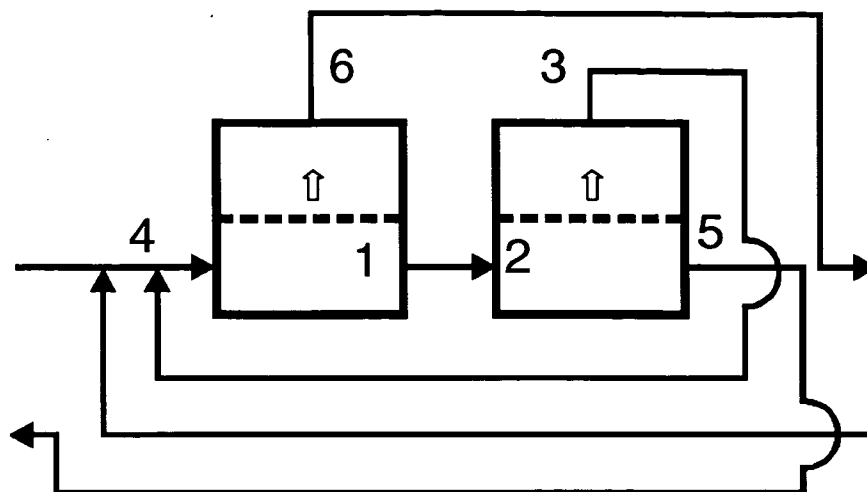


Figura 1 Arte previo

3 MAY 1999

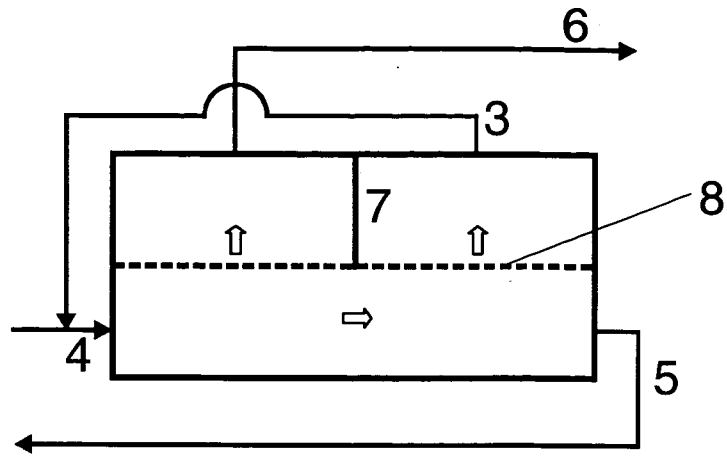


Figura 2

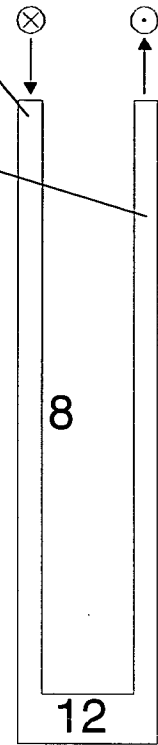
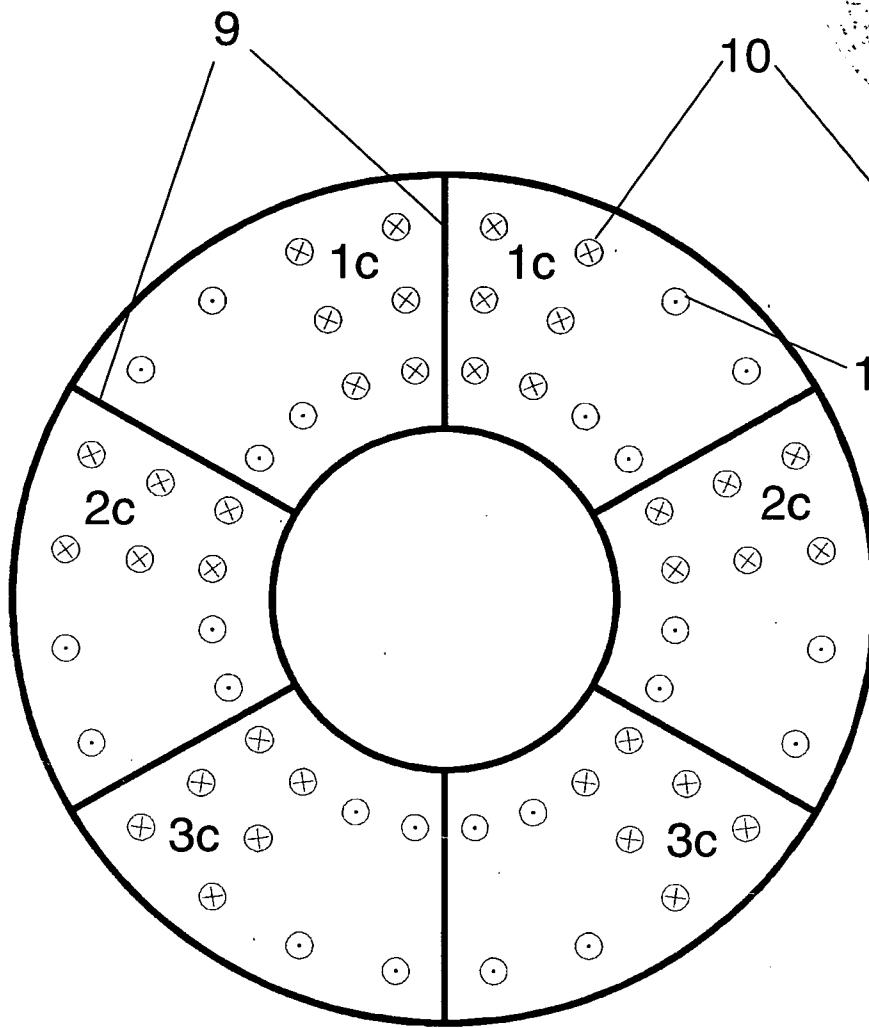
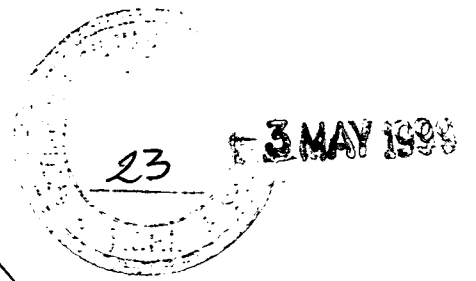


Figura 3 a

Figura 3 b

Arte previo

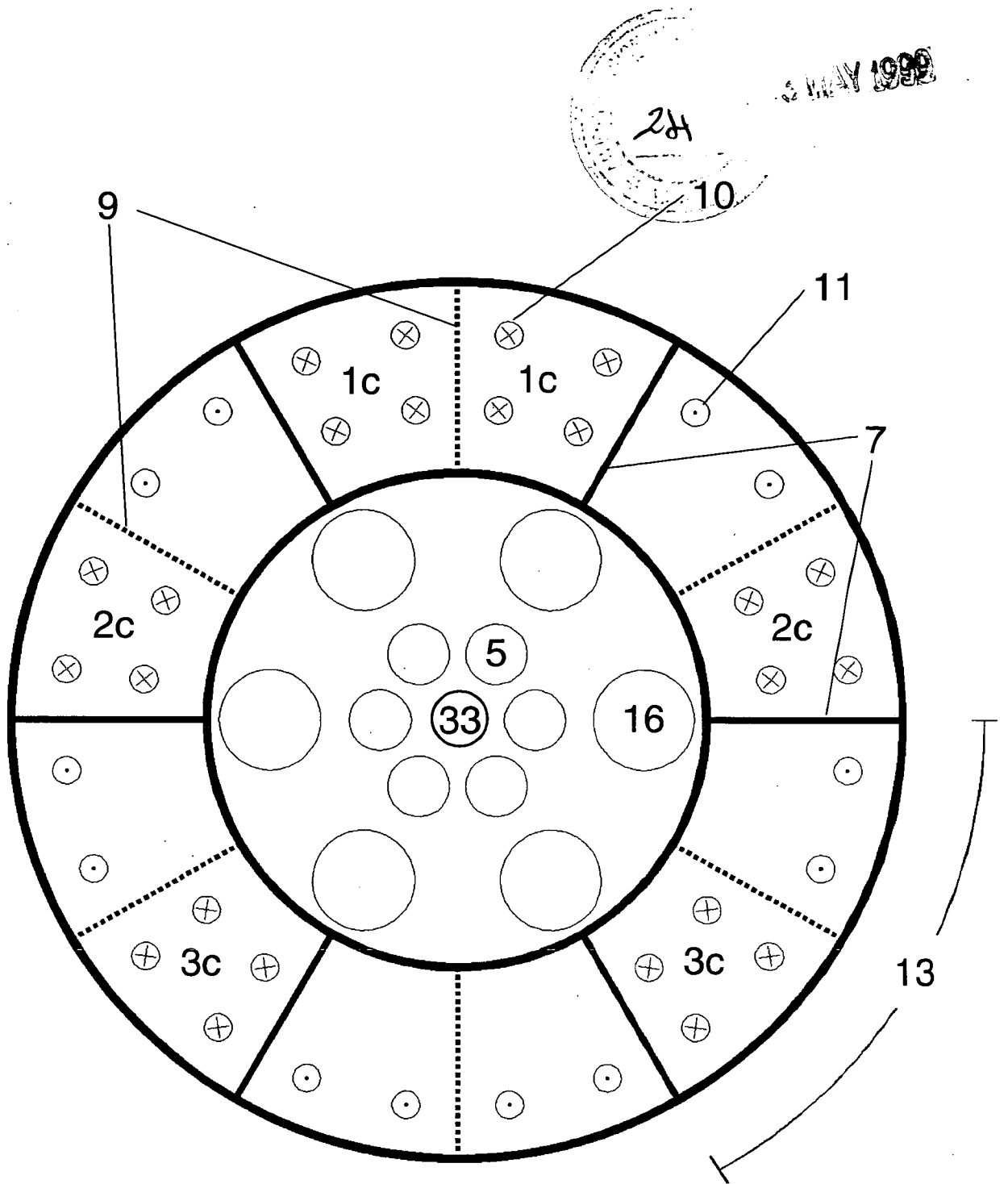


Figura 4

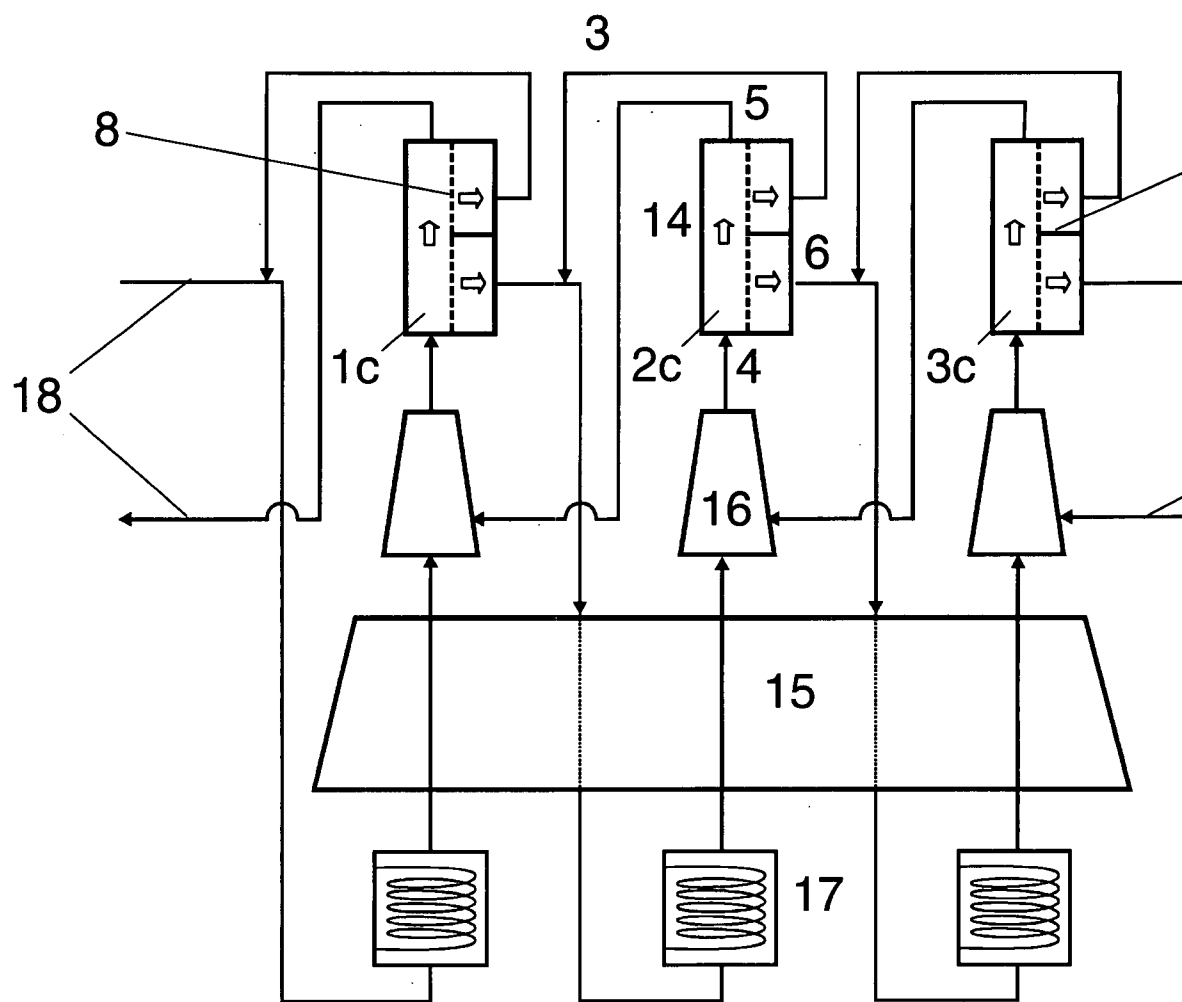


Figura 5

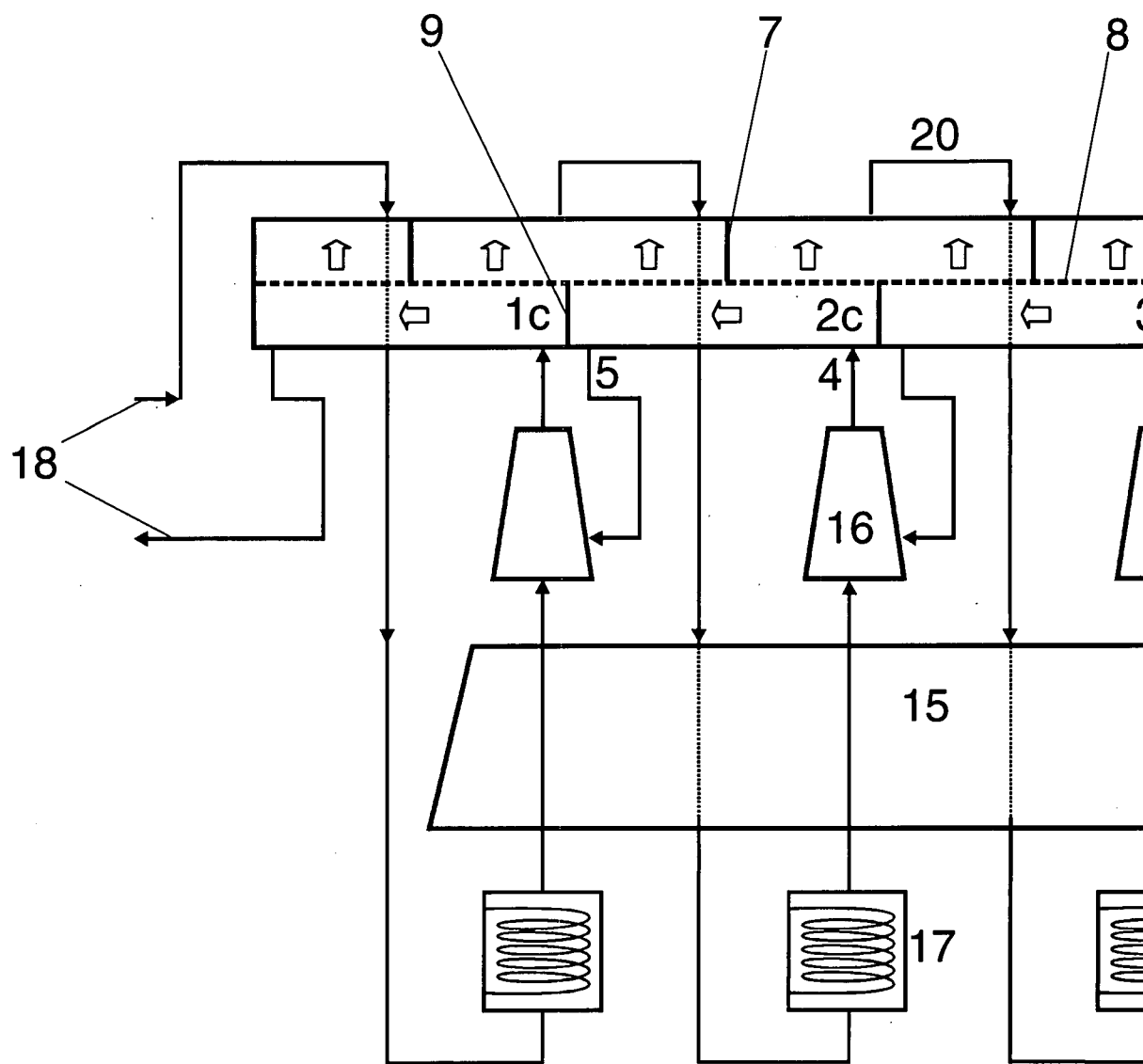


Figura 6

5 MAY 1997

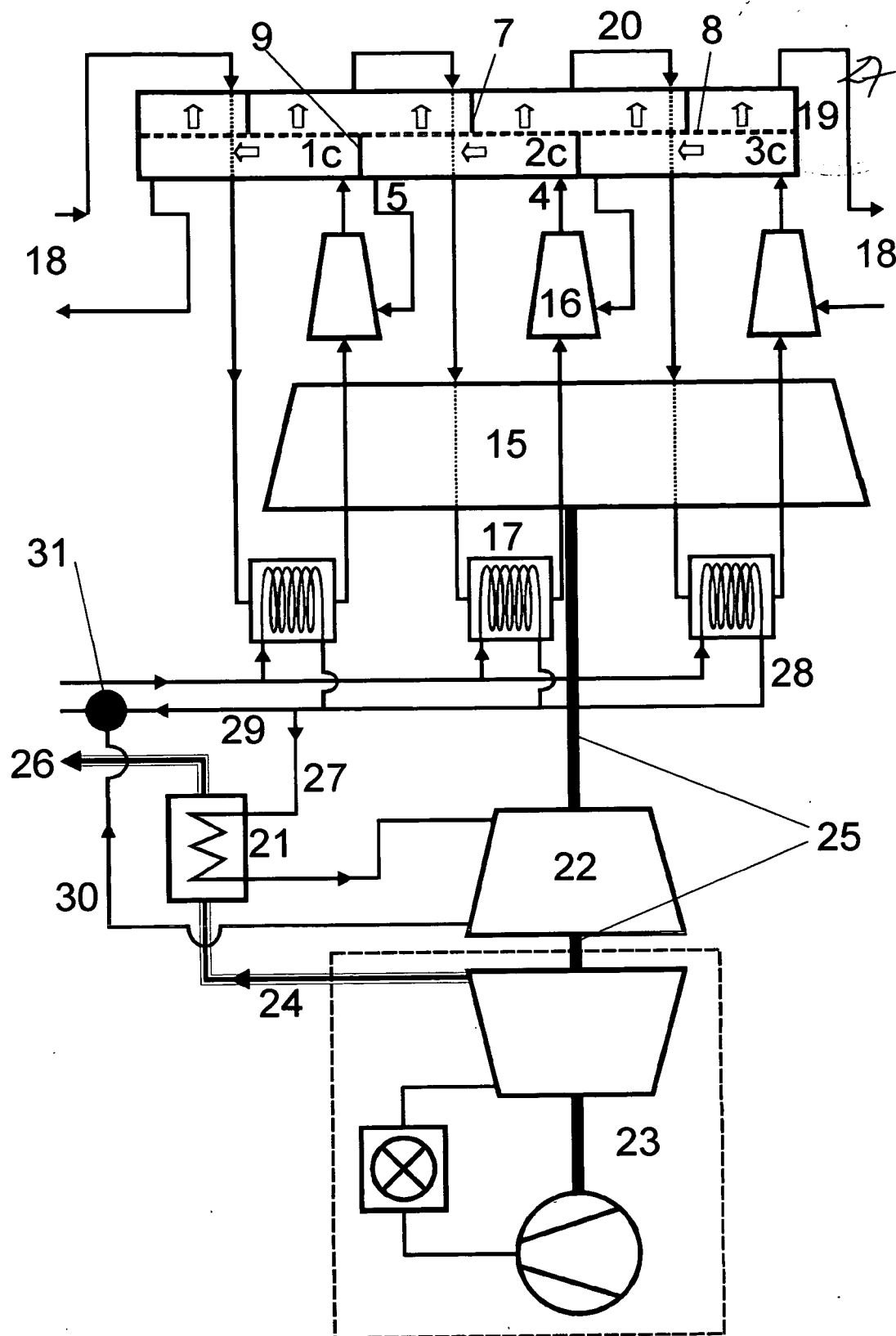


Figura 7

5 MAY 1996

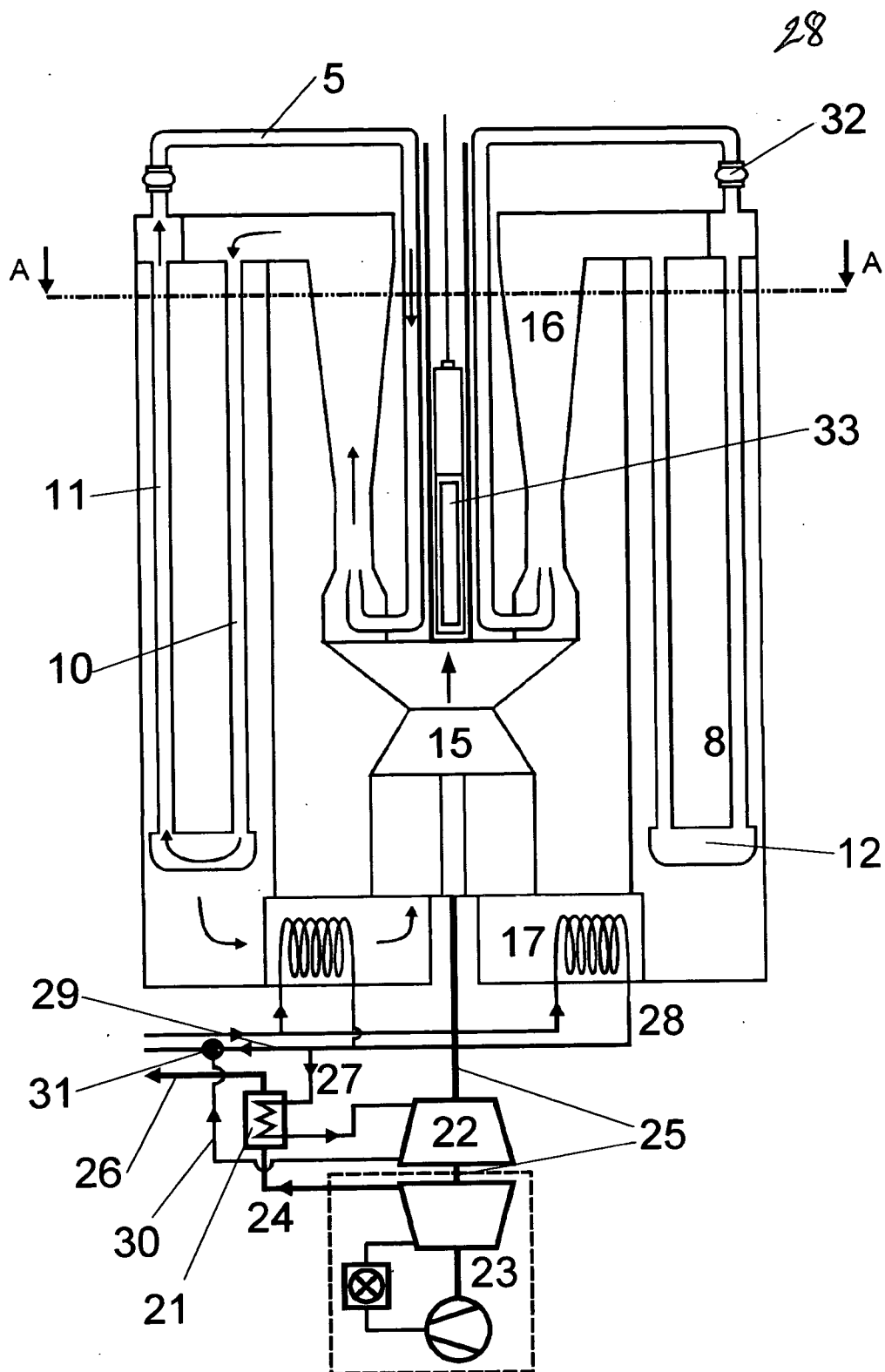


Figura 8

2 MAY 1993

29

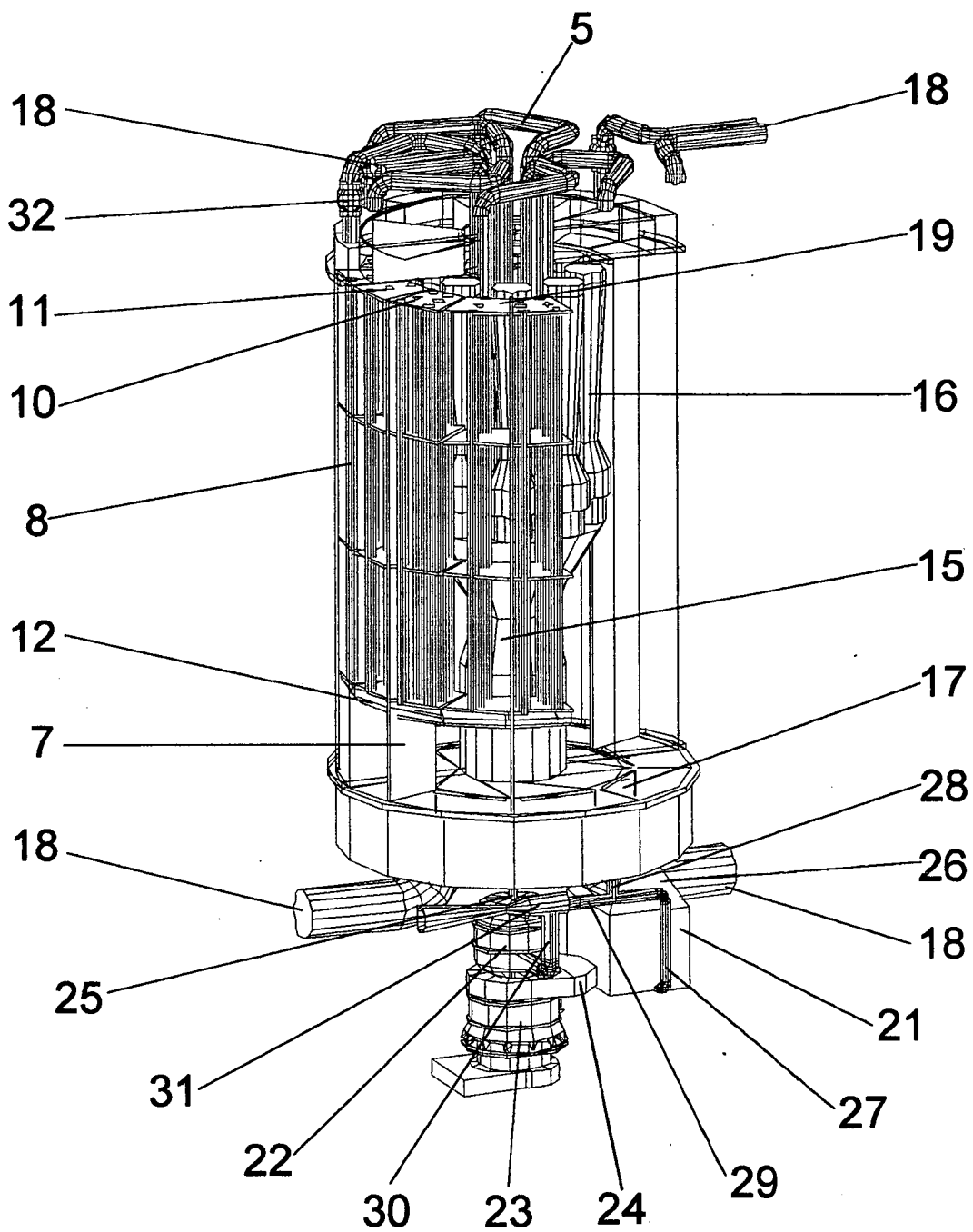


Figura 9