

- 4 MAYO 1978



ESPAÑA

CONCEDIDA

Case M. 2320

PATENTE DE INVENCION

ES	(11) NUMERO	4 6 2 5 6 9	(10) A1
	(21) FECHA DE PRESENTACION	23 SET. 1977	

(20) PRIORIDADES:	(22) FECHA	(23) PAIS
(31) NUMERO		
27626 A/76	24 Septiembre 1976	Italia

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(81) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(92) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	BOIJ	

(64) TITULO DE LA INVENCION
"UN REACTOR PARA REACCIONES EXOTERMICAS CATALIZADAS"

(71) SOLICITANTE (ES)
TECNIMONT S.p.A.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
31 Foro Buonaparte, MILAN (Italia)

(72) INVENTOR (ES)
Giorgio GRAMATICA.

(73) TITULAR (ES)
TECNIMONT S.p.A.

(74) REPRESENTANTE
D. JAIME ISERN CUYAS, Agente Oficial de la Propiedad Industrial.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Este invento se refiere a un reactor para reacciones exotérmicas catalizadas tal como, por ejemplo, las síntesis de amoníaco o de metanol.

5. Para estas reacciones, que se llevan a cabo generalmente bajo elevada presión, se conoce disponer la masa catalítica en dos o más capas, por las que se hacen fluir los gases de reacción, proporcionándose una refrigeración intermedia de dichos gases entre cada capa y la sucesiva para mantener la temperatura del catalizador a una gama definida y aumentar el rendimiento de conversión.

10. Las capas de catalizador están generalmente una sobre la otra, contenidas en una envoltura cilíndrica vertical y son atravesadas por los gases de reacción que fluyen en dirección axial, generalmente hacia abajo.

15. El inconveniente principal de este tipo de reactor consiste en las considerables caídas de presión que se producen en cada capa de catalizador que obliga a aumentar progresivamente el diámetro del reactor cuando aumenta la capacidad de producción, implicando ello un aumento en el peso del reactor y en el coste; además, sobre cierta capacidad de producción, deben excederse los límites dimensionales impuestos por las posibilidades tecnológicas actuales de los fabricantes de recipientes a presión y de los medios de transporte.

20. Se conoce también que, con miras a obviar este inconveniente, se han sugerido reactores en donde el catalizador es atravesado por los gases de reacción que fluyen en dirección radial o en una dirección perpendicular

- al eje de la envoltura cilíndrica que contiene el catalizador. La utilización de estos tipos de reactores, si bien permite reducir las caídas de presión de los gases reaccionales que fluyen a través de la masa catalítica, origina no obstante problemas considerables relativos a la distribución uniforme de los gases de reacción en la masa catalítica, debido a que la sección de dicha masa catalítica - que es perpendicular a la dirección del flujo de gases de reacción - varía continuamente; este hecho obliga a recurrir a dispositivos particulares para la distribución de los gases de reacción, sin embargo, estos dispositivos son costosos y precisan mucho espacio.
- 5.
- 10.

- Se ha sugerido también otro tipo de reactor en donde las diversas capas de catalizador se agrupan en una sola masa contenida en una envoltura cilíndrica, dividiéndose el flujo de gases de reacción en dos corrientes que penetran en la masa catalítica a partir de sus extremos opuestos, desde la parte superior y desde el fondo, y fluyen a través de dicha masa en dirección axial y en dirección opuesta hasta converger en una salida situada en una posición intermedia con respecto a los dos extremos de la masa catalítica, que resulta sustancialmente dividida en dos partes simétricas dispuestas una sobre la otra.
- 15.
- 20.

- Este tipo de reactor presenta el inconveniente de implicar un doblaje de los dispositivos para la refrigeración intermedia de los gases de reacción. Ello representa una complicación constructiva del reactor y hace que surjan serios problemas cuando se decide efectuar dicha refrigeración intermedia mediante eliminación de calor ba-
- 25.

jo generación de vapor de agua. Además, con este tipo de reactor la reducción de la caída de presión, aún cuando sensible, está no obstante limitada y siempre de modo que las caídas de presión aumentan progresivamente cuando aumenta la capacidad de producción.

5.

El objeto del presente invento consiste en proporcionar un reactor para reacciones exotérmicas catalizadas que elimine, o cuando menos reduce, los inconvenientes antes citados.

10.

En particular constituye un objeto de este invento el proporcionar un reactor capaz de reducir las caídas de presión de los gases de reacción, permitiendo así ahorrar energía de compresión de dichos gases y contener el diámetro del reactor, aún con elevadas capacidades de producción tal como, por ejemplo, 5000 t/d de amoníaco, dentro de límites aceptables para fabricantes y transportadores.

15.

Otro objeto del presente invento consiste en proporcionar un reactor en donde la distribución de los gases de reacción en la masa catalítica no produce ninguna dificultad, evitando así la necesidad de adoptar dispositivos particulares para la distribución de los gases de reacción.

20.

Todavía otro objeto de este invento consiste en proporcionar un reactor de capas múltiples de catalizador sin tener que utilizar una pluralidad de dispositivos para la refrigeración intermedia de los gases de reacción entre cada capa de catalizador y la sucesiva, obteniéndose fácilmente dicha refrigeración intermedia mediante eliminación

25.

de calor bajo generación de vapor de agua en una caldera.

Estos y todavía otros objetos que aparecerán más claramente a los expertos en el arte a partir de la descripción detallada que se ofrece a continuación, se obtie-

5. nen, ventajosamente, mediante un reactor para reacciones exotérmicas catalizadas que tiene, por lo menos, una capa de catalizador, presentando dicho reactor, de conformidad con este invento, cada capa de catalizador individual dis-
10. puesta entre dos envolventes cilíndricas coaxiales, estableciéndose por lo menos dos entradas para los gases de reacción al catalizador en una de dichas envolventes y, por lo menos, dos salidas en la otra envolvente.

El presente invento se describirá ahora con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que se facilitan con fines meramente indicativos y en los

15. que :

La figura 1 representa, en forma esquemática, una capa de catalizador de un reactor, de conformidad con una modalidad del presente invento, y

20. La figura 2 representa, siempre en forma esquemática, un reactor de catalizador de dos capas, de conformidad con una modalidad del presente invento.

- Haciendo referencia a la figura 1, la capa de catalizador 1, que constituye parte de un reactor para reacciones exotérmicas, se dispone en el espacio delimitado por las dos envolventes cilíndricas coaxiales 2 y 3 y por las dos placas 4 y 5; 6 indica la envolvente cilíndrica del reactor, coaxil con las envolventes 2 y 3 y delimitando, junto con la envolvente 2, el espacio hueco 7.
- 25.

En la envolvente cilíndrica externa 2 se prevén tres series de aberturas 8, 8' y 8", representando estas aberturas tres entradas al catalizador 1 para los gases de reacción que proceden de la parte superior, fluyendo en el espacio hueco 7, tal como se indica en la figura mediante las flechas 9.

Cada una de las entradas 8, 8' y 8" está constituida por una pluralidad de aberturas practicadas sobre la envolvente cilíndrica 2 y alineadas sobre tres circunferencias, que son intersecciones de la superficie cilíndrica 2 con tres planos perpendiculares al eje a-a de dicha superficie cilíndrica.

En la figura dichos planos se indican con A, B y C.

Estos planos y por consiguiente las tres entradas 8, 8' y 8" son equidistantes entre sí en la dirección del eje a-a de la envolvente cilíndrica 2.

Cuando esta equidistancia viene indicada con d, tal como se representa en la figura 1, la distancia de los planos A y C, respectivamente, a partir de los dos planos D y E contiguos, respectivamente extremo superior 4 y extremo inferior 5 de la envolvente cilíndrica 2, es igual a $1/2 d$.

En la envolvente cilíndrica interna 3, se prevén cuatro series de aberturas 10, 10', 10" y 10"', que constituyen cuatro salidas del catalizador 1 para los gases reaccionados que fluyen a través de la capa catalítica 1, tal como se indica en la figura mediante las flechas 9'.

Estos gases, cuando abandonan las cuatro salidas 10, 10', 10" y 10"', se recogen en el conducto cilíndrico 11, definido por la envoltura interna cilíndrica 3, y fluyen hacia abajo, tal como se representa en la figura 5. mediante las flechas 9".

Cada una de las salidas 10, 10', 10" y 10"' está constituida por una pluralidad de aberturas practicadas en la envoltura cilíndrica 3 y alineadas sobre cuatro circunferencias, que son intersecciones de la superficie cilíndrica 3 por cuatro planos perpendiculares al eje a-a de dicha superficie cilíndrica.

En la figura estos planos se indican con D, F, G y E.

Estos planos y por consiguiente las cuatro salidas 10, 10', 10" y 10"', son equidistantes entre sí, en la dirección del eje a-a de la envoltura cilíndrica 3, según una distancia d (tal como se representa en la figura 1), igual a la existente entre los planos A, B y C.

Con esta organización cada entrada 8, 8' y 8" se encuentran, en la dirección del eje a-a del reactor, en una posición media, o sea equidistante, con respecto a los pares de salidas adyacentes, indicados con 10 y 10', 10' y 10", 10" y 10"', respectivamente.

De modo análogo, cada salida 10' y 10" se encuentra - en la dirección del eje a-a del reactor - en una posición media, o sea equidistante, con respecto a los pares de entradas adyacentes, indicados con 8 y 8', 8' y 8", respectivamente.

Por consiguiente la capa de catalizador 1 resul-

ta dividida por planos ideales D, A, F, B, G, C y E, equidistantes entre sí y conteniendo, alternadamente, una salida y una entrada, en seis zonas idénticas (indicadas en la figura 1 con I a VI), presentando cada una una altura igual a $1/2 d$.

Esta altura $1/2 d$ está generalmente comprendida entre 1000 y 4000 m.m.

Por consiguiente esta altura corresponde a la distancia entre dos planos ideales contiguos, uno de los cuales contiene una entrada y el otro una salida.

En cada una de estas zonas o "módulos", los gases de reacción -tal como se indica en la figura 1 mediante las flechas 9' - fluyen a través del catalizador en dirección axial y - lo que es de mayor importancia para obtener una buena distribución - bajo las mismas condiciones fluodinámicas.

En efecto, la igualdad de los "módulos" I a VI, obtenida con el posicionado antes ilustrado de las entradas y salidas y un dimensionado apropiado del "módulo" permite obtener una buena distribución de los gases de reacción en la masa de catalizador, de modo que, sustancialmente, iguales caudales de flujo de gases de reacción fluyen a través de iguales cantidades de catalizador.

Una vez fijados los parámetros de flujo de los gases de reacción, tal como, por ejemplo el caudal de flujo, y una vez fijado el diámetro de las envolventes cilíndricas 2 y 3, así como el volumen de catalizador, granulometría o porosidad, entonces es posible variar y descender la caída de presión, independientemente de los parámetros

antes indicados, obteniéndose ello variando las dimensiones del "módulo" y el número de "módulos".

5. Por consiguiente es posible contener las caídas de presión a través del catalizador dentro de límites prefijados, independientemente de la capacidad de producción del reactor.

10. Por ejemplo, en el caso de que una capa de catalizador forme parte de un reactor para la síntesis de amoníaco, los parámetros de flujo son los siguientes: 820,000 Nm³/h de gas de síntesis con un peso específico de 0,47 kg/Nm³, a una presión de 230 kg/cm² y a una temperatura media de 470°C, deben fluir a través de una masa de catalizador de alrededor de 21 m³; con una granulometría media de 2 mm; el catalizador se dispone entre dos envolventes cilíndricas coaxiales; de las que la externa tiene un diámetro interno de 1850 mm y la interna un diámetro externo de 1000 mm, por lo que la altura total de la capa es de alrededor 11,000 mm; estableciendo en la envolvente externa tres entradas y en la envolvente interna tres salidas, de conformidad con las modalidades descritas en el presente invento, la capa de catalizador se divide en cinco "módulos" que quedan uno sobre el otro, por los que fluye el gas de reacción en paralelo, en dirección axial a través de cada uno de ellos; presentando cada uno una altura de 2200 mm, correspondiente a la altura indicada con 1/2 d, con referencia a la figura 1; con la anterior organización, la caída de presión que la capa de catalizador opone al flujo de gas de reacción asciende a 1,35 kg/cm², o sea un valor lo suficientemente bajo para
- 15.
- 20.
- 25.

- limitar el consumo de energía para la circulación de gas de reacción y lo suficientemente elevada para obtener una buena distribución del gas de reacción en el catalizador, sin tener que adoptar dispositivos particulares de distribución que son costosos y requieren mucho espacio. Cuando,
5. con los mismos parámetros de flujo, debe utilizarse un flujo axial simple, o sea cuando todo el gas de reacción debe conducirse a través de toda la capa de catalizador dejándolo fluir todo en dirección axial a partir de un extremo de la capa, por ejemplo a partir del extremo superior, al extremo opuesto, la caída de presión resultará igual a 143,7 kg/cm², que constituye un valor absolutamente no permisible para la resistencia mecánica del catalizador, que resultaría pulverizado, y por el muy elevado consumo de energía requerido para la circulación del gas.
- 10.
- 15.

En el caso del ejemplo antes citado la distancia indicada con d en la figura 1 es igual a 4400 mm, mientras que la distancia entre las dos envolventes cilíndricas que contienen el catalizador es igual a 425 mm; por consiguiente el flujo de gas en cada "módulo" de catalizador puede considerarse sustancialmente axial y con una sección de flujo constante; lo que impide la formación de pasos preferenciales a través del catalizador.

20.

Con la variación de los parámetros de flujo pueden variarse, por consiguiente, las dimensiones de los "módulos" de catalizador y/o el número de éstos; en principio puede decirse que la distancia entre dos entradas adyacentes al catalizador o entre dos salidas adyacentes, que se indica en la figura 1 con d , resulta comprendida entre

25.

2000 y 8000 mm.

- Según se representa en la figura 1 los gases de reacción, que salen de cada uno de los "módulos" I a VI de la capa de catalizador 1, se recogen, como ya se ha explicado, en el conducto cilíndrico 11 para formar un flujo único 9", que fluye hacia abajo y pasa, después de enfriarse, a una capa de catalizador sucesiva, no representada en el dibujo. El hecho de disponer de un flujo único 9" simplifica las modalidades para obtener una refrigeración intermedia de los gases de reacción entre dos capas de catalizador sucesivas y permite efectuar esta refrigeración entre las diversas capas de catalizador por medio de una sola operación, o sea mediante inyección de gas a una temperatura inferior que la de los gases de reacción o, especialmente en el caso de reacciones altamente exotérmicas tal como, por ejemplo, la síntesis de amoníaco o metanol, disponiendo, en el interior del reactor, una caldera que genere vapor de agua a alta presión, recuperando así la mayor parte del calor de reacción en el nivel termodinámico más elevado, según las modalidades descritas en la patente italiana núm. 792,444 de Montecatini Edison S.p.A.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

Quando el reactor está constituido por una sola capa de catalizador 1, los gases reaccionados, recogidos en el conducto cilíndrico 11 para formar un único flujo 9", se enfrían en un intercambiador de calor que precalienta los gases de reacción 9, y luego abandonan el reactor.

25.

La figura 2 muestra un reactor, particularmente apto para la síntesis de amoníaco o metanol, del tipo que comprende dos capas adiabáticas una sobre la otra, de con-

formidad con el presente invento, y con una refrigeración intermedia de los gases de reacción, entre dichas dos capas de catalizador; realizado mediante la aplicación de una caldera para la generación de vapor a elevada presión.

5. De conformidad con dicha figura los gases de reacción se introducen en el reactor a través de la abertura 1 existente en el recipiente de presión 10, que forma la envolvente cilíndrica del reactor.

10. Los gases de reacción se precalientan en el intercambiador de calor 2, a través del cual fluyen en el lateral de tubos, hasta la temperatura de reacción intercambiando calor con el gas reaccionado que abandona el reactor por abertura 9.

15. El intercambiador de calor 2 se dispone coaxialmente a las envolventes cilíndricas 17 y 18 de la capa de catalizador inferior 7, en el interior de la envolvente cilíndrica interna 18.

20. En la salida del intercambiador 2, los gases de reacción, a través del espacio hueco 11, atraviesan la primera capa de catalizador superior 3.

Esta capa de catalizador 3 está constituida de modo análogo a la capa de catalizador 1, descrita con referencia a la figura 1, y está contenida en las envolventes cilíndricas coaxiales 14 y 15.

25. Las entradas de gases de reacción 12 y 12' al catalizador 3 y las salidas 13 y 13', conformadas y dispuestas en analogía con la descripción expuesta para la figura 1, dividen esta primera capa de catalizador 3 en tres "módulos", indicados en la figura 2 con I, II y III.

Los gases de reacción, en la salida de la capa de catalizador superior 3, se recogen en el conducto anular 14, delimitado por la envolvente cilíndrica interna 15 y por la superficie externa de la caldera generadora de vapor 5, de donde fluyen a través de la caldera 5 enfriándose.

Tal como se ha indicado anteriormente, esta caldera 5 es el único dispositivo de refrigeración de los gases de reacción durante su flujo desde la primera capa superior de catalizador a la segunda capa inferior, y se dispone coaxialmente con las envolventes cilíndricas 14 y 15 y en el interior de la envolvente cilíndrica interna 15.

En efecto, los gases de reacción salen de la caldera 5 y se conducen, por medio del conducto 6 y espacio hueco 16, a la capa de catalizador inferior 7.

Asimismo la capa de catalizador 7 está constituida de modo análogo a la capa de catalizador 1, descrita con referencia a la figura 1, y está contenida en las envolventes cilíndricas coaxiales 17 y 18.

Las entradas n+1 19, 19', 19ⁿ para la admisión de los gases de reacción al catalizador 7, y las salidas n+1 20.....20ⁿ, configuradas y dispuestas en analogía con la descripción a que se ha hecho referencia en la figura 1, dividen esta segunda capa de catalizador 7 en m "módulos", indicados en la figura mediante I', II', III', m-1, y m.

En la salida de la capa de catalizador 7 se recogen los gases reaccionados en el conducto anular 8, delimitado por la envolvente cilíndrica interna 18 y por la super-

ficie externa del intercambiador de calor 2, de donde pasan a través del intercambiador 2, en el lateral de camisa, en donde se enfrían a contracorriente a los gases que entran por la abertura 1, hasta que salen por la descarga 9 del reactor.

5.

El gas de reacción que fluye de la primera a la segunda capa puede enfriarse, en lugar de por medio de la caldera 5, mediante inyección de gases frescos más fríos procedentes del exterior; en este caso el conducto 6 permite obtener una mezcla completa de dichos gases.

10.

Puede no hallarse la capa de catalizador inferior 7; en este caso los gases reaccionados que abandonan la caldera 5 se conducen directamente al intercambiador 2.

15.

Las ventajas que ofrece el presente invento aparecen claramente a partir de la descripción anteriormente expuesta; sin embargo pueden resumirse como sigue.

20.

El reactor de conformidad con este invento permite obtener una buena distribución de los gases de reacción en el catalizador sin tener que adoptar dispositivos particulares de distribución, que son costosos y requieren mucho espacio; permite tener bajas caídas de presión, lo que facilita mantener el diámetro del reactor dentro de límites aceptables en la práctica, si bien ofreciendo elevada capacidad de producción (por ejemplo 5000 t/d de amoníaco); permite recuperar el calor de reacción al máximo nivel termodinámico, puesto que es posible aplicar una caldera que proporcione una refrigeración entre capas bajo generación de vapor a elevada presión.

25.

En el presente invento puede llevarse a cabo mo-

dificaciones y variaciones con respecto a cuanto se ha descrito anteriormente sin apartarse de los límites de la invención.

REIVINDICACIONES

5. Describo el objeto del presente invento se declaran nuevas y de propia invención las siguientes reivindicaciones con prioridad de la solicitud de patente italiana núm 27626 A/76 de 24 de septiembre de 1976.

10. 1.- Un reactor para reacciones exotérmicas catalizadas, que tiene por lo menos una capa de catalizador, caracterizado porque cada individual se dispone entre dos envolventes cilíndricas coaxiales, proporcionándose en una de dichas envolventes por lo menos dos entradas para acceso de los gases de reacción al catalizador y por lo menos dos salidas en la otra envolvente.

15. 2.- Un reactor, de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque dichas entradas se establecen en la envolvente cilíndrica externa y porque dichas salidas se establecen en la envolvente cilíndrica interna.

20. 3.- Un reactor, de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque cada una de dichas entradas y salidas está constituida por una pluralidad de aberturas practicadas en dichas envolventes cilíndricas y alineadas sobre circunferencias que son intersecciones de las superficies cilíndricas con planos perpendiculares al eje de dichas superficies cilíndricas.

25. 4.- Un reactor, de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque dichos planos son equidistantes entre sí en la dirección del eje de las envol-



ventes cilindricas.

5. 5.- Un reactor, de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque la distancia entre dos planos adyacentes; uno de los cuales contiene una entrada y el otro una salida, está comprendida entre 1000 y 4000 mm.

10. 6.- Un reactor, de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 precedentes, caracterizado porque una, por lo menos, de dichas entradas se encuentra, en la dirección del eje del reactor, en posición media con respecto al par adyacente de salidas.

15. 7.- Un reactor, de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 precedentes, caracterizado porque una, por lo menos de dichas salidas se encuentra, en la dirección del eje del reactor, en posición media con respecto al par adyacente de entradas.

8.- Un reactor, de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 precedentes, caracterizado porque los gases de reacción que salen de cada capa de catalizador se recogen para formar un flujo único.

20. 9.- Un reactor, de conformidad con la reivindicación 8, caracterizado porque dichos gases se recogen en el conducto definido por la envolvente cilíndrica interna.

25. 10.- Un reactor, de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en su forma de realización preferente comprende dos capas de catalizador dispuestas una sobre la otra y contenidas, cada una de ellas, en dos envolventes cilíndricas coaxiales, estando provistas dichas envolventes con en



5. tradas y con salidas de la capa de catalizador para los gases de reacción, en la envolvente cilíndrica externa y en la interna respectivamente; constituyendo cada una de dichas entradas y salidas una pluralidad de aberturas practicadas en dichas envolventes cilíndricas y alineadas sobre circunferencias que son las intersecciones de las superficies cilíndricas con planos perpendiculares equidistantes entre sí para cada capa de catalizador, con respecto al eje de las propias superficies cilíndricas, estando una, por lo menos, de dichas entradas, para cada capa de catalizador, en posición media con respecto al par contiguo de salidas; proporcionándose además un intercambiador de calor, dispuesto coaxialmente con las dos envolventes cilíndricas de la capa de catalizador inferior y en el interior de la envolvente cilíndrica interna, así como una caldera para la generación de vapor, disponiéndose dicha caldera coaxialmente con las dos envolventes cilíndricas de la capa de catalizador superior y en el interior de la envolvente cilíndrica interna; se precalientan los gases de reacción alimentados al reactor en dicho intercambiador, pasan a través de la capa de catalizador superior, se enfrían en dicha caldera, fluyen a través de la capa de catalizador inferior y por último se enfrían en dicho intercambiador.
- 10.
- 15.
- 20.

11.-Un reactor para reacciones exotérmicas catalizadas.

25. Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva que consta de 17 hojas foliadas y escritas a máquina por una sola cara, acompañada de los dibujos correspondientes.

Madrid, a 23 de Septiembre de 1977
p.a.

J.AIME ISERN
p. p.

Firmado: JOSE F. NIETO

cos M. 2320

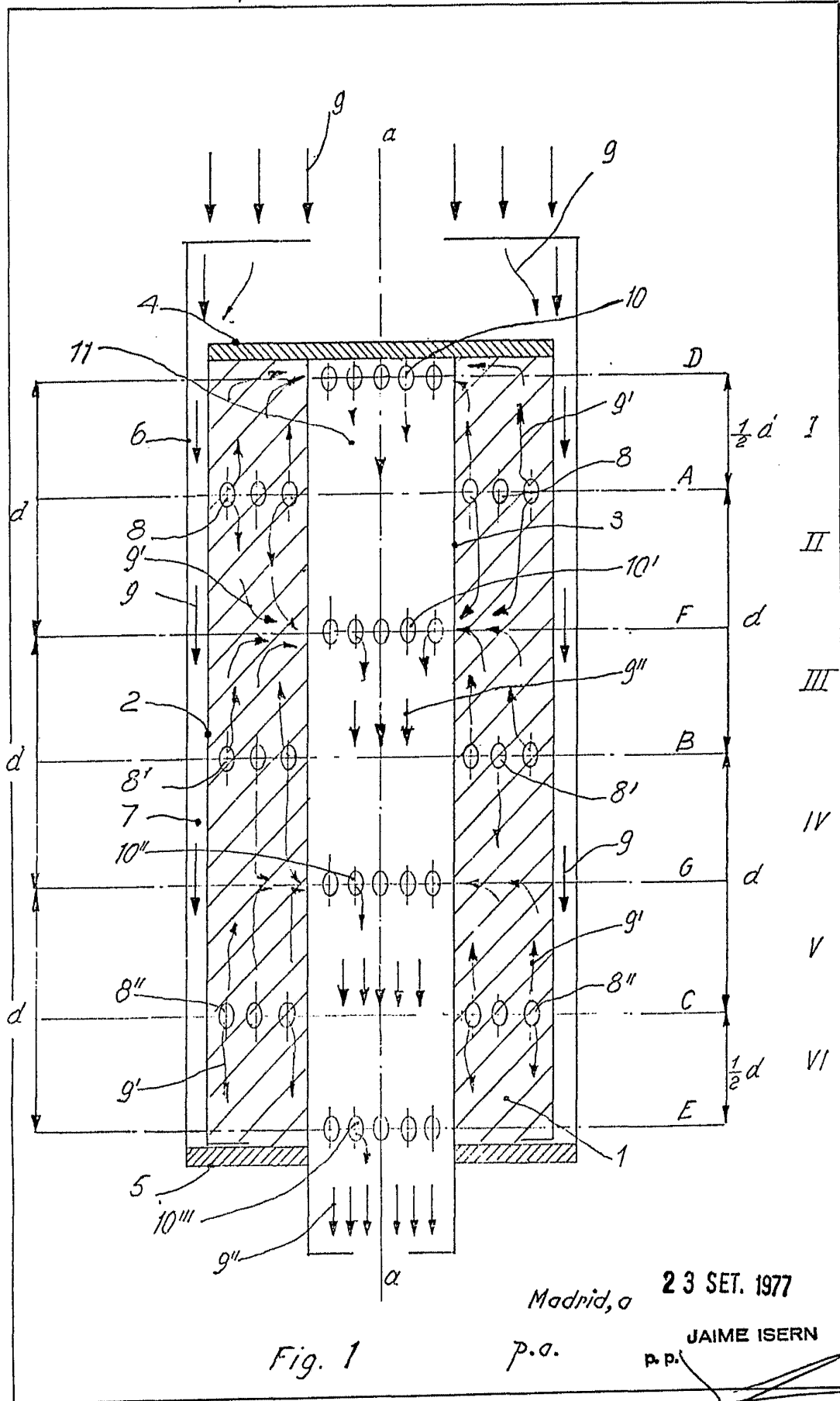


Fig. 1

Madrid, a 23 SET. 1977

p.o.

JAIME ISERN
p. p.

Fundado: JOSE F. NIETO

COS M. 2320

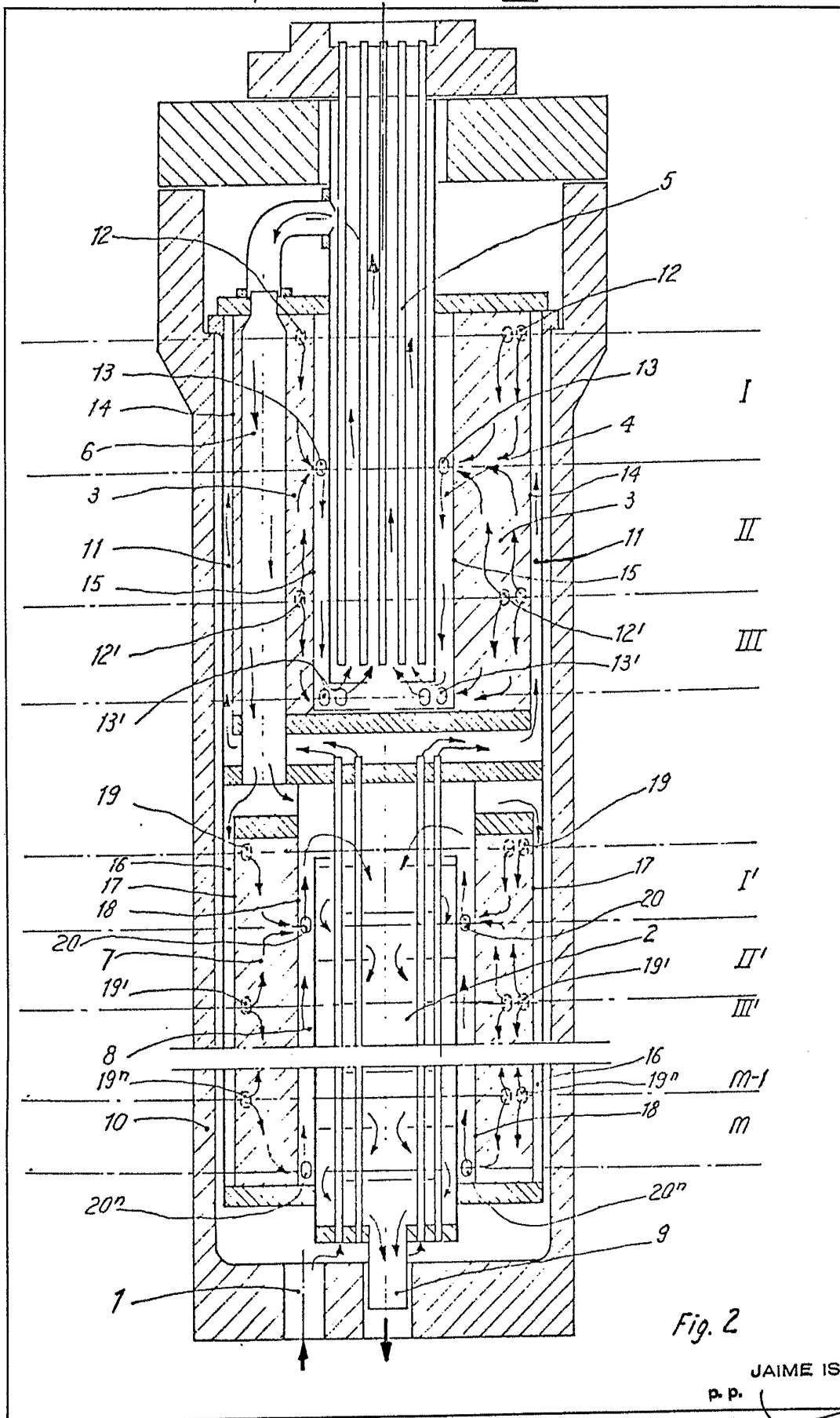


Fig. 2

JAIME ISERN

p. p.

Madrid, a 23 SET. 1977

p.o.

Firmado: JOSE F. NIETO