

16 OCT. 1959

P - 18.787

B. 132/3



252691

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, establecida en 69, Rue de Varenne, Paris, Francia, por:
" UNA DISPOSICION DE BARRAS DE MODERADOR SOLIDO EN UN REACTOR ATOMICO".

La presente invención, debida a los trabajos de los Sres. René BABULE, Georges LEMESLE, Roger MARTIN y Pierre ROUGE, se refiere a los apilamientos de moderador sólido en los reactores atómicos con canales verticales.

5 La parte activa de tal reactor atómico heterogéneo está constituida generalmente por un bloque de grandes dimensiones, de glucina o de grafito, por ejemplo en el cual están perforados numerosos canales donde se encuentran los elementos de combustible nuclear, y donde circula el fluido de refrigeración.

10 El bloque moderador está formado por un apilamiento de

252691



barras que constituye la estructura resistente de la parte activa o "núcleo" del reactor: ha de ofrecer por consiguiente un cierto número de propiedades mecánicas con el fin de permanecer estable y resistente durante un tiempo bastante largo (por lo menos veinte años).

Ante todo, este apilamiento debe ser estable, es decir, que no se debe hundir ni romper. Ahora bien, existen otros factores distintos de la gravedad que amenazan con romper la estabilidad: son las dilataciones térmicas, por una parte, y las deformaciones Wigner, por otra parte, traduciéndose estas últimas en contracciones o expansiones que pueden alcanzar algunas unidades por ciento.

Además, fuerzas aerodinámicas creadas por el frotamiento del fluido de refrigeración que circula en los canales, amenazan con levantar las barras y comprometer la estabilidad.

Además, existen factores momentáneos o accidentales que amenazan igualmente comprometer la estabilidad: el balanceo y el cabeceo para los reactores embarcados, las sacudidas sísmicas en ciertas regiones para los reactores terrestres, etc...

Todos estos factores amenazan incluso con hacer imposible el funcionamiento de la pila destruyendo la continuidad y la rectitud de los canales.

Es preciso, por consiguiente, concebir un apilamiento en el cual los canales de combustible permanecan derechos y continuos, así como los canales destinados a las barras de seguridad y de control; es preciso en efecto que el paso de los elementos de combustible se pueda hacer fácilmente; por otra parte, una buena rectitud de los canales limita las fugas que se producen inevitablemente cuando una barra está inclinada con relación a la precedente.



252691 16

5 Finalmente, siendo las deformaciones Wigner diferentes de un punto a otro del apilamiento, puesto que varían en el mismo sentido que el flujo de neutrones y en sentido inverso a la temperatura de irradiación, es necesario que las expansiones o las contracciones Wigner se puedan hacer, para cada barra, independientemente de las otras en un mismo plano horizontal, y para cada columna independientemente de las otras en el sentido de la altura.

10 La presente invención tiene por objeto un nuevo modo de unión del moderador sólido de un reactor atómico con canales verticales y con red exagonal centrada que palia los inconvenientes precedentes.

15 El apilamiento de barras de moderador según la invención, comprende barras que llevan ranuras laterales longitudinales, en las cuales están aplicadas con frotamiento suave unas chavetas, de tal manera que cada chaveta une por lo menos dos barras vecinas.

De preferencia, una chaveta une por lo menos cuatro barras vecinas.

20 Las chavetas según la invención tienen frecuentemente la forma de paralelepípedos alargados planos; su sección transversal es sensiblemente la misma que la de las ranuras de las barras, por lo menos en las partes que han de ser aplicadas en estas ranuras.

25 Una forma de ejecución de la invención consiste en utilizar chavetas independientes con relación a las barras, pero adaptadas para ser aplicadas en las ranuras de dos barras adyacentes; una parte de la chaveta, situada a un lado de un plano longitudinal, entra entonces en la ranura de una barra, mientras que otra parte situada por el otro lado de dicho plano,
30



252691^{1b}

penetra en la ranura de la segunda barra.

Según otra forma de ejecución, un lado de cada chaveta es solidario de una barra; la chaveta puede, especialmente, formar parte integrante de la masa misma de la barra, sobre la cual constituye una nervadura longitudinal.

5

10

Las secciones transversales de las chavetas y las de las ranuras correspondientes, pueden presentar diferentes formas a condición de que dos de sus lados sean paralelos entre sí y al plano que contiene los ejes de las dos barras unidas. Se obtienen resultados muy buenos con secciones cuadrilaterales rectangulares.

15

20

Según los casos, las posiciones de las ranuras y de las chavetas con relación al contorno transversal de las barras, pueden variar; especialmente, las ranuras pueden encontrarse en las caras laterales de las barras y/o en las aristas de éstas. Sin embargo, cuando las barras tienen una sección transversal hexagonal regular, la forma de ejecución preferida consiste en situar las ranuras y sus chavetas sensiblemente en la mitad de los lados del hexágono, en dirección del centro de éste; planos que pasan por el eje central del prisma hexagonal constituyen entonces planos de simetría de la ranura y de la chaveta.

25

30

De preferencia, las chavetas sirven para unir a la vez las barras adyacentes, es decir, situadas en el mismo lecho, y las colocadas en prolongación unas de otras, es decir, en lechos próximos. Para esto, se aplica una chaveta por sus dos lados en las ranuras de dos barras adyacentes y -al mismo tiempo- en las ranuras de otras dos barras colocadas coaxialmente en la prolongación de las dos primeras. Naturalmente, la ranura de una barra se encuentra en la prolongación de una ranura

252691¹⁶



ra correspondiente en la barra del lecho siguiente.

5 La unión entre dos barras coaxiales sucesivas se puede hacer por medio de chavetas que penetran en las ranuras de estas dos barras en una zona situada a uno y otro lado del plano de contacto entre las dos barras. Se puede realizar igualmente según toda la longitud de varias barras coaxiales sucesivas por medio de chavetas que tengan la longitud de varias barras. Los dos modos de unión pueden ser empleados en el mismo apilamiento.

10 Según una realización preferida, los apilamientos formados con ayuda de las nuevas barras y chavetas, según la invención, comprenden una pluralidad de columnas, constituidas cada una por varias barras, unidas por los extremos coaxialmente. Entre estas columnas se deja una holgura suficiente para prevenir la expansión que se puede producir a causa del funcionamiento del reactor; para esto, las profundidades de las ranuras se eligen de tal manera con relación a las anchuras de las chavetas, que quede un espacio libre entre las chavetas y los fondos de las ranuras cuando están en contacto las caras de las barras

15

20 adyacentes.

Dicho de otro modo, una chaveta independiente tiene una anchura inferior a la suma de las profundidades de las dos ranuras en las cuales ha de ser aplicada. Una chaveta que forma parte integrante de una barra tiene una anchura, en saliente con relación a la cara de esta barra, inferior a la profundidad de la ranura de la barra adyacente en la que ha de ser aplicada.

25

La invención se aplica a barras de moderador de naturalezas, de formas y de dimensiones diversas; dá resultados particularmente favorables en apilamientos de barras constituidas

30



1600

252691

por prismas hexagonales regulares, colocados verticalmente; el ejemplo de realización práctica descrito más abajo, se refiere, pues, a esta forma de ejecución particular, indicada a título no limitativo.

5 En una realización preferida de la invención, el apilamiento está rodeado por una estructura rígida situada en el cajón estanco, pero independiente de éste, es decir, que esta estructura o "faja", descansa sobre el fondo del cajón sin ser solidaria del mismo.

10 La "faja" puede estar constituida por una envoltura metálica solidaria de la estructura de base o "durmiente" del apilamiento, o incluso realizarse en forma de una "jaula de ardilla" en la cual las uniones laterales están aseguradas por barras metálicas periféricas que unen el durmiente al techo del apilamiento.

15 Un apilamiento conforme a la invención está dividido en columnas verticales; cada columna está compuesta por varias barras o ladrillos superpuestos verticalmente, teniendo cada barra la forma de un prisma regular de base hexagonal. Estas columnas están separadas unas de otras por una holgura destinada a llenarse progresivamente por los hinchamientos Wigner de cada columna (ver fig. 1 adjunta).

20 Además, con el fin de evitar la migración de los neutrones de la zona central, donde son muy eficaces, hacia la región periférica donde lo son menos, es ventajoso limitar su progresión en los intersticios dispuestos entre las barras.

25 Hay que señalar que en el plano horizontal no existe ninguna línea de fuga a causa del enlosado hexagonal. Por el contrario, en el sentido vertical, subsisten fugas de neutrones por las holguras entre columnas, fugas que se pueden reducir

30



252691

eventualmente de la manera siguiente: en el primer lecho, se impone a todas las barras una rotación alrededor de su eje de algunos grados en un sentido; en el segundo lecho, se impone a las barras una rotación de un mismo ángulo, pero en el otro sentido. Todos los lechos se montan de esta manera alternativamente hasta el último.

El ángulo mínimo de rotación se determina de tal manera que la sección de fuga de los neutrones, en lugar de ser un rectángulo, llega a ser un rombo inscrito en este rectángulo (ver fig. 2 adjunta). Si se desea reducir todavía la superficie del rombo, se mecanizan vaciados en los pies y en las cabezas de barras para evitar las interferencias que resultan de las desigualdades eventuales de dilatación vertical entre las barras adyacentes.

El combustible puede encontrarse, o bien en canales situados en el centro de cada columna (ver fig. 3 adjunta) o bien en canales cuyo eje está constituido por una arista común a tres prismas hexagonales (ver fig. 4). Se observará que conviene en este último caso truncar un vértice de cada dos del hexágono.

Conforme a la invención, las holguras entre columnas se mantienen por medio de un enchavetado: se ranura sobre toda o parte de su longitud cada una de las caras laterales de los prismas hexagonales. Habida cuenta del desplazamiento angular mencionado más arriba, las ranuras de enchavetado están ligeramente desplazadas con relación a las mitades de los lados de los hexágonos; sus caras laterales han de ser sin embargo paralelas a los planos verticales que pasan por los ejes de los prismas. Estando éstos unidos (como se ve en la fig. 1) se meten chavetas en las ranuras (fig. 5) que se encuentran enfrentadas. Cada chaveta solidariza las barras pertenecientes a dos



lechos superpuestos: se ve por consiguiente que cada chaveta asegura la unión entre por lo menos cuatro barras pertenecientes a dos lechos superpuestos.

5 Estando apiladas las barras de esta manera hasta el último lecho, la continuidad de los canales se encuentra asegurada. Las chavetas están ajustadas lateralmente en las ranuras; por el contrario, se prevé una holgura ligeramente superior a la holgura entre dos barras entre la chaveta y los fondos de ranuras a causa de las dilataciones en el curso del funcionamiento de la pila.

10 En el caso en que el apilamiento está constituido de una materia anisotrópica tal como el grafito, las chavetas deben estar cortadas de manera tal que su eje grande sea paralelo al eje de estirado. De esta manera, la expansión Wigner es homogénea y las tolerancias de montaje de las chavetas en las ranuras se conservan bajo irradiación.

15 Las ventajas procuradas son considerables: en primer lugar, el apilamiento es estable, puesto que cada barra está bloqueada con relación a sus vecinas por medio de las chavetas. Si una barra tiende a desplazarse, se apoya por medio de las chavetas en las seis barras que la rodean, éstas se apoyan de la misma manera sobre las barras circundantes y así sucesivamente hasta la estructura rígida o faja, que retiene el conjunto.

25 Por otra parte, los canales permanecen siempre continuos y estancos; en efecto, no existe expansión Wigner global puesto que cada columna se dilata alrededor de su eje propio. El efecto Wigner se traduce por consiguiente en un llenado de las holguras iniciales mientras que el paso de la red no es afectado por este efecto. Sin embargo, no puede variar en fun-



ción de la dilatación térmica de la estructura de base del apilamiento, o durmiente, y la de la faja.

5 Esta dilatación puede hacerse despreciable por una elección juiciosa de los metales constitutivos (aleaciones de poca dilatación), o por disposiciones capaces de mantener la temperatura del durmiente y de la faja a un valor moderado: por ejemplo, refrigeración de estas estructuras por circulación forzada de un fluido.

10 Una ventaja esencial de la invención reside en el hecho de que, estando cada eje de canal unido a la parte inferior y a la parte superior de la faja, y por otra parte, por medio del enchavetado, estando unidos todos los ejes lateralmente a la faja, las dilataciones térmicas diferenciales del moderador y de la faja no destruyen la continuidad de los canales; los ejes de
15 los canales siguen la dilatación de la faja, provocando una especie de "respiración" (de poca amplitud) del apilamiento.

20 Así, a causa de que los canales permanecen rectos, no puede haber en ellos fugas debidas a las aberturas que se producirían si las barras llegaran a inclinarse unas con relación a otras.

25 Las columnas son independientes unas de otras en el sentido vertical; pueden dilatarse por consiguiente bajo los efectos térmicos y Wigner, con amplitudes diferentes en el sentido de la altura, sin riesgo de destrucción de la rectitud de los canales, ni de progresión relativa entre barras. No se corre el riesgo, pues, de ver aparecer fugas entre dos lechos superpuestos.

30 Finalmente, es posible considerar el desmontaje y el nuevo montaje del apilamiento operando a distancia, columna por columna. Estas operaciones se ven facilitadas, en particular,

252331



cuando las ranuras son continuas y los enchavetados se hacen solidarios de las barras (caso de las ranuras abiertas a lo largo de las caras, o caso de las chavetas en forma de estrellas dispuestas en las aristas de los prismas como se explica más abajo).

5

Con referencia a las figuras esquemáticas 5 a 12 adjuntas, se describirán a continuación diversos ejemplos dados a título no limitativo, de puesta en práctica del nuevo modo de unión del moderador sólido de un reactor atómico con canales verticales y con red hexagonal centrada.

10

La fig. 5 es una vista en perspectiva de un modo de unión conforme a la invención, en el cual las chavetas son independientes de las barras.

15

La fig. 6 es una vista en perspectiva arrancada de un apilamiento de moderador sólido unido según la invención.

La fig. 7 es una vista en corte a escala mayor de la unión de este apilamiento moderador a la faja que lo rodea.

20

La fig. 8 es una vista en perspectiva de la parte periférica de un apilamiento realizada según una variante de la invención.

La fig. 9 es una vista en corte vertical de la unión inferior de un apilamiento conforme a la invención.

La fig. 10 es una vista en corte vertical de la unión superior del mismo apilamiento.

25

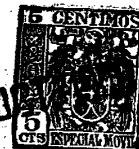
La fig. 11 es una vista en perspectiva de otra realización del modo de unión objeto de la invención, en la cual las chavetas forman parte integrante de las barras.

La fig. 12 es una vista esquemática en planta del modo de realización representado en la fig. 11.

30

Como se ve en la fig. 5, un apilamiento de moderador só-

252631



lido conforme a la invención está constituido por barras de grafito, por ejemplo, tales como 1 y 2, de sección hexagonal regular. Estas barras están dispuestas lado a lado con interposición de una holgura "j" destinada a permitir las diversas dilataciones.

5

Cada barra, mecanizada de manera que tenga su eje paralelo a la dirección de efecto Wigner mínimo (confundido generalmente con el sentido del estirado) está tallada longitudinalmente según gargantas tales como 3 y 4. Estas gargantas están dispuestas de tal manera que sus planos de simetría pasan por los ejes de las barras, que son los nudos de la red hexagonal centrada del moderador.

10

Chavetas tales como 5 y 6 están montadas en estas gargantas cabalgando sobre dos lechos superpuestos de manera que los hacen solidarios; así es como la chaveta 6 aplicada en una barra del lecho representada en la fig. 5, está aplicada igualmente en una barra del lecho inferior (no representada). Pero cada chaveta puede extenderse igualmente de una sola pieza en toda la altura del apilamiento y constituir así una especie de "sable" longitudinal.

15

20

La fig. 6 representa la unión de un apilamiento conforme a la invención con la faja 7 que lo rodea; cada barra tal como 1 ó 2 está perforada por un canal central tal como 8; y unida a sus vecinas por chavetas tales como 5.

25

La unión lateral del apilamiento está asegurada de la manera siguiente: en el eje de las últimas columnas 9 del reflector, se meten los vástagos 10 hechos solidarios de la faja 7 por medio de uniones 11 colocadas entre dos lechos de barras. Con el fin de permitir las dilataciones térmicas diferenciales entre faja y apilamiento, en el sentido vertical,

30



252691

estas uniones 11 (fig. 7) pueden moverse en altura entre los dos lechos de barras gracias a dos holguras "i" dispuestas a este efecto en las barras en cuestión.

5 A título de variante, como se ve en la fig. 8, los elementos periféricos 12 se pueden reducir a semi-barras, de manera que presenten planos continuos 13. Los elementos 12 están unidos a la faja 7 por piezas 14 perfiladas en T. Esta disposición ofrece la ventaja de limitar el volumen diametral del apilamiento al diámetro nuclear útil.

10 La unión del apilamiento con la parte inferior de la faja o durmiente, se representa en las figuras 6 y 9; las chavetas 5 ó 6 sobresalen por debajo del apilamiento y vienen a alojarse en agujeros previstos a este efecto en el durmiente 15.

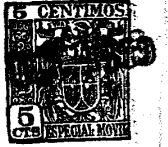
15 Encima de cada columna de moderador descansa un bloque metálico 16 (fig. 6) que tiene la misma sección que las barras 1 y 2; tiene como estas últimas sus caras laterales 17 ó 18 ranuradas longitudinalmente. En estas ranuras vienen a meterse las chavetas 19 que sobresalen de la cara superior del último plano de barras de moderador.

20 Cada bloque metálico 16 se prolonga en su parte superior por un cilindro 20 (fig. 10). Los cilindros 20 corren en ánimas 21 dispuestas a este efecto en la parte superior 22 de la faja 7.

25 A título de variante conforme a la invención, también se pueden hacer solidarias las chavetas de los bloques; en este caso, como se ve en la fig. 11, tres caras equidistantes de cada barra 23 están provistas de chavetas en saliente 24, 25 y 26, teniendo abiertas las otras tres caras ranuras 27, 28 y 29. La unión de los dos lechos superpuestos está

30

252691



asegurada imbricando en el sentido vertical barras próximas tales como 23, 30 y 31.

5 En la fig. 12 se ve como se realiza esta superposición de las caras terminales de las barras de un mismo lecho: las barras tales como 23 (secciones blancas en el dibujo) se encuentran en la cota más elevada, las barras tales como 31 (secciones rayadas claras) en la cota inferior y las barras tales como 30 (secciones rayadas oscuras) en una cota intermedia.

10 Esta solicitud, que corresponde a la presentada en Francia el 18 de Octubre de 1958, bajo el núm. P. V. 776.971, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

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

20 1ª. - Una disposición de barras de moderador sólido en un reactor atómico, caracterizada porque dichas barras llevan ranuras radiales laterales longitudinales en las cuales se aplican chavetas, con frotamiento suave, de tal manera que cada chaveta une por lo menos dos barras próximas.

25 2ª. - Una disposición según la reivindicación 1, en la cual una chaveta se aplica en las ranuras de por lo menos 4 barras colocadas de dos en dos coaxialmente, una después de otra, y adyacentes de dos en dos.

3ª. - Una disposición según la reivindicación 1, en la cual las dimensiones relativas de las ranuras y de las chavetas

2526 9^o ACT.



son tales, que entre las barras adyacentes se mantiene una holgura suficiente para prevenir las expansiones que resultan del funcionamiento del reactor.

5 4^o. - Una disposición según la reivindicación 1, en la cual las chavetas están constituidas por paralelepípedos alargados, planos, independientes de las barras.

10 5^o. - Una disposición según la reivindicación 1, en la cual las chavetas están constituidas por nervaduras laterales, radiales, longitudinales, que forman parte integrante de las barras.

6^o. - Una disposición según la reivindicación 1, en la cual las chavetas tienen una sección transversal cuadrilátera rectangular.

15 7^o. - Una disposición según la reivindicación 1, en la cual las ranuras están abiertas en las caras laterales de las barras con sección poligonal, y están dirigidas hacia el eje central longitudinal de las barras.

20 8^o. - Una disposición según la reivindicación 1, caracterizada por que las barras coaxiales próximas están en contacto unas con otras por los extremos, mientras que entre las barras adyacentes se mantiene un espacio libre de una anchura igual por lo menos a la holgura de las expansiones laterales que resultan del funcionamiento del reactor.

25 9^o. - Una disposición según la reivindicación 1, caracterizada por que las barras tienen la forma de prismas hexagonales regulares colocados verticalmente, cuyas caras laterales llevan ranuras en las cuales están aplicadas con frotamiento suave chavetas, teniendo las ranuras y las chavetas sus caras laterales paralelas entre sí y teniendo un plano de simetría longitudinal que pasa por el eje longitudinal del prisma
30



252691

hexagonal.

5 10º. - Una disposición según la reivindicación 9, en la cual tres caras no contiguas de una barra llevan ranuras y las otras tres chavetas en forma de nervaduras que forman parte integrante de la masa de la barra, teniendo dichas nervaduras la misma disposición con relación a dicho eje que las ranuras.

10 11º. - Una disposición según la reivindicación 1, caracterizada porque es mantenida por una faja que presenta una cierta rigidez y colocada en un cajón estanco, siendo dicha faja independiente de dicho cajón.

15 12º. - Una disposición según la reivindicación 11, en la cual las barras que se encuentran en la proximidad inmediata de dicha faja presentan una cara paralela al plano de la faja, vuelta hacia la faja, obteniéndose esta cara por un mecanizado adecuado de las barras corrientes.

20 13º. - Una disposición según la reivindicación 12, en la cual las barras con cara paralela al plano de la faja llevan ranuras paralelas a dicha cara, estando aplicadas chavetas en forma de T en estas ranuras, de manera que la base de la T descansa sobre la faja.

14º. - Una disposición según la reivindicación 11, en la cual los extremos de las barras están bloqueados contra dicha faja.

25 15º. - Una disposición según la reivindicación 14, en la cual las barras están bloqueadas por uno de sus extremos, por medio de bloques metálicos con abertura central, que tienen la misma sección que las barras, llevando dichos bloques ranuras longitudinales en las cuales se aplican las partes extremas de las chavetas, aplicadas a su vez, por otra parte, en
30 las ranuras de las barras.



252691

16 OCT. 1959

162. - Procedimiento para la preparación de las barras y de las chavetas según la reivindicación 1, que consiste en mecanizar paralelamente al sentido del estirado piezas de grafito obtenidas según el método de estirado conocido.

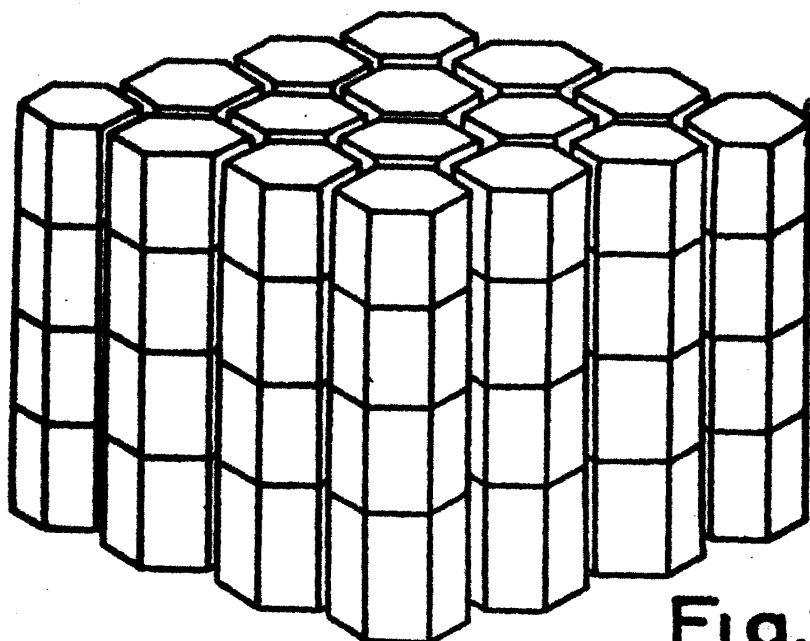
5 172. - Una disposición de barras de moderador sólido en un reactor atómico.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de dieciseis hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 16 OCT. 1959
P.A.

Alberto de Ezaburu
Por Poder.



252691

Fig.1

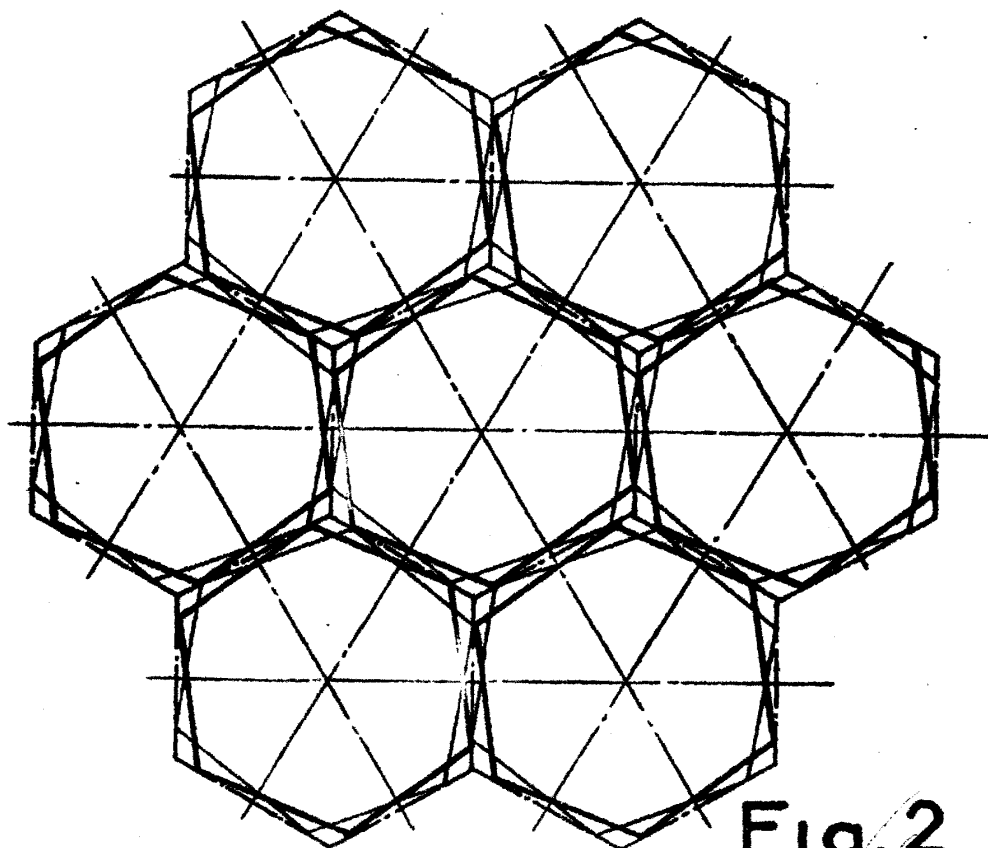


Fig.2

[Handwritten signature]
20.11.1954



252691

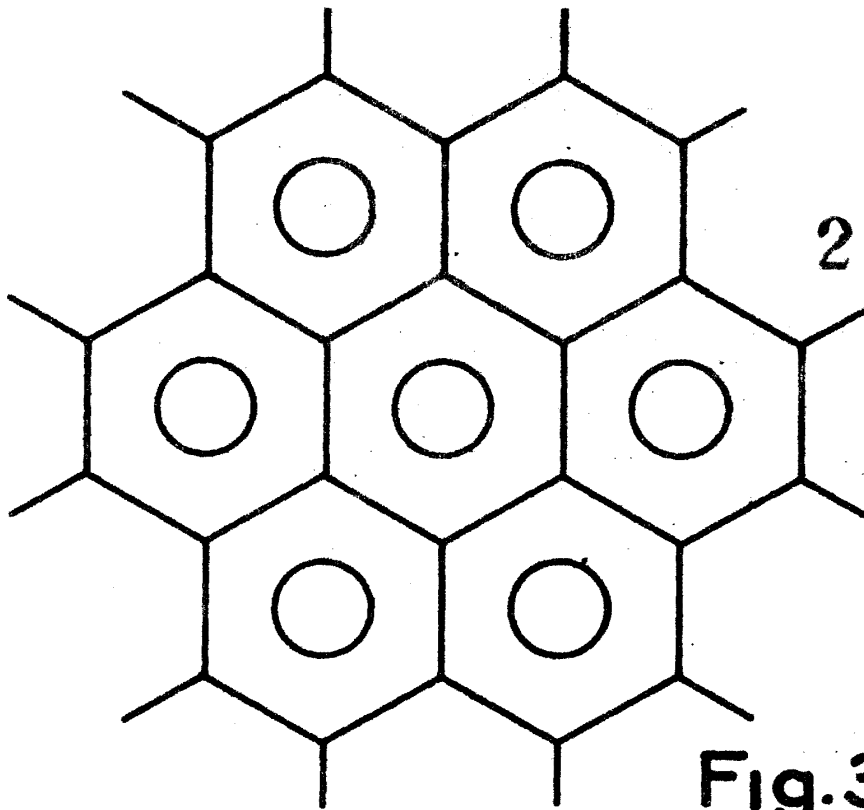


Fig.3

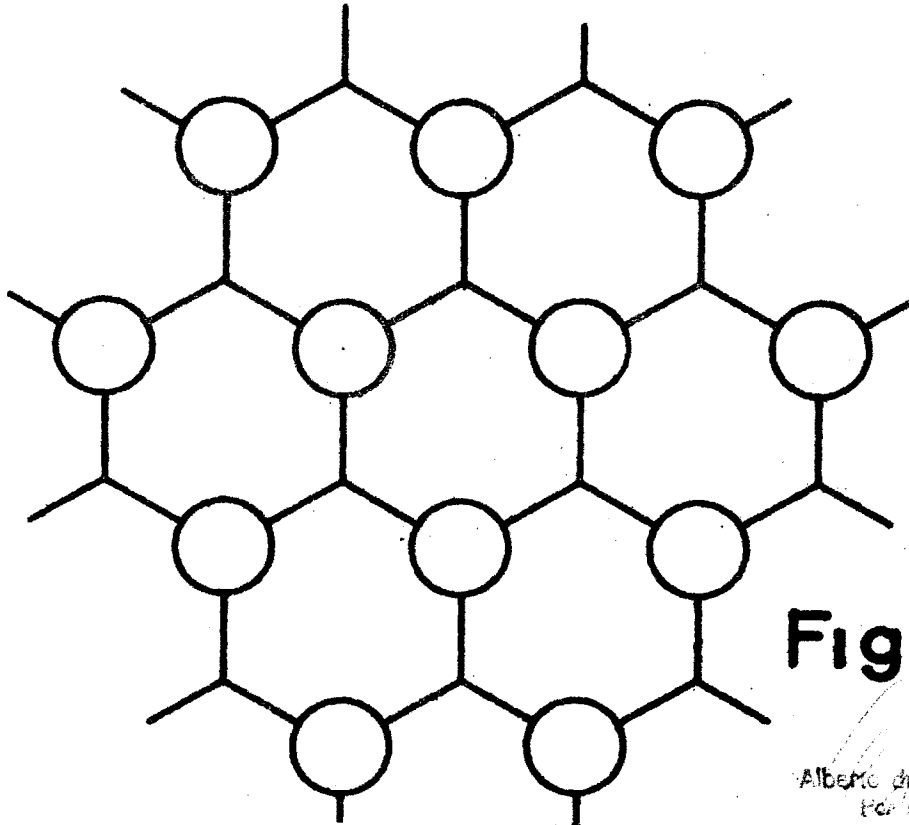


Fig.4

Alberto de ...
Por ...



2528

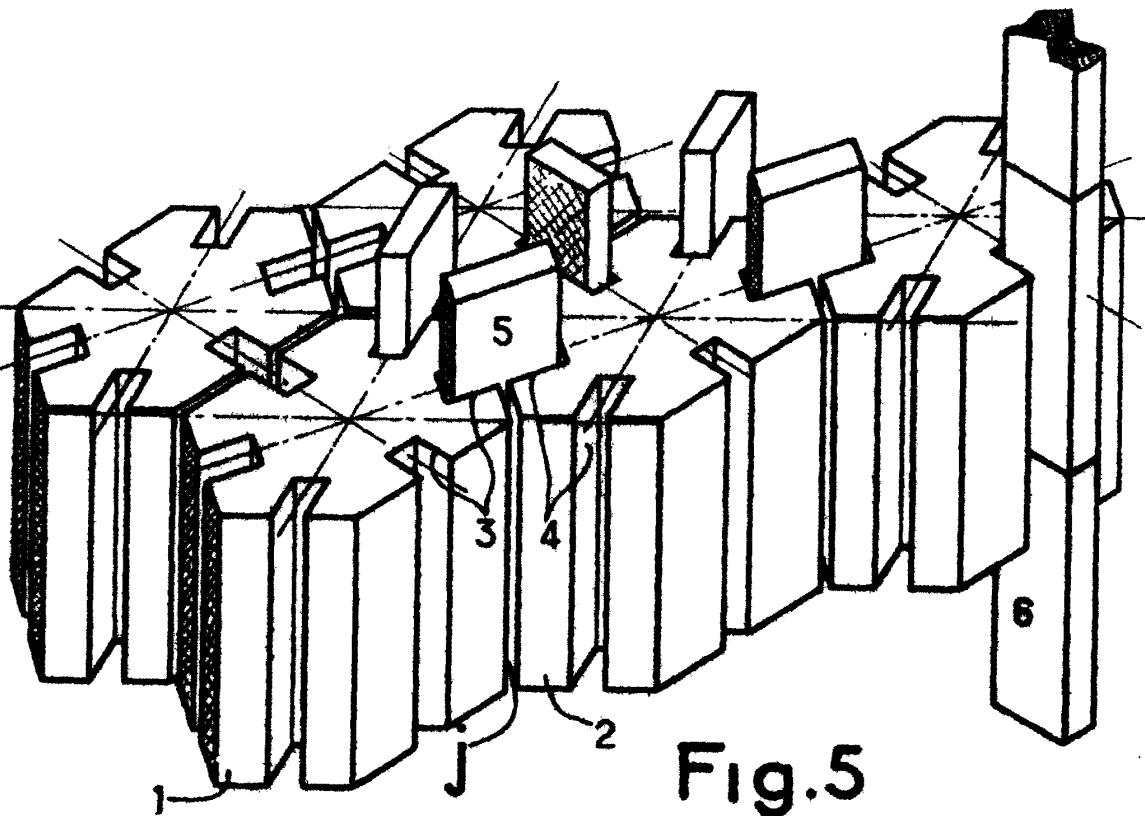


Fig.5

[Handwritten signature]

148343



252691

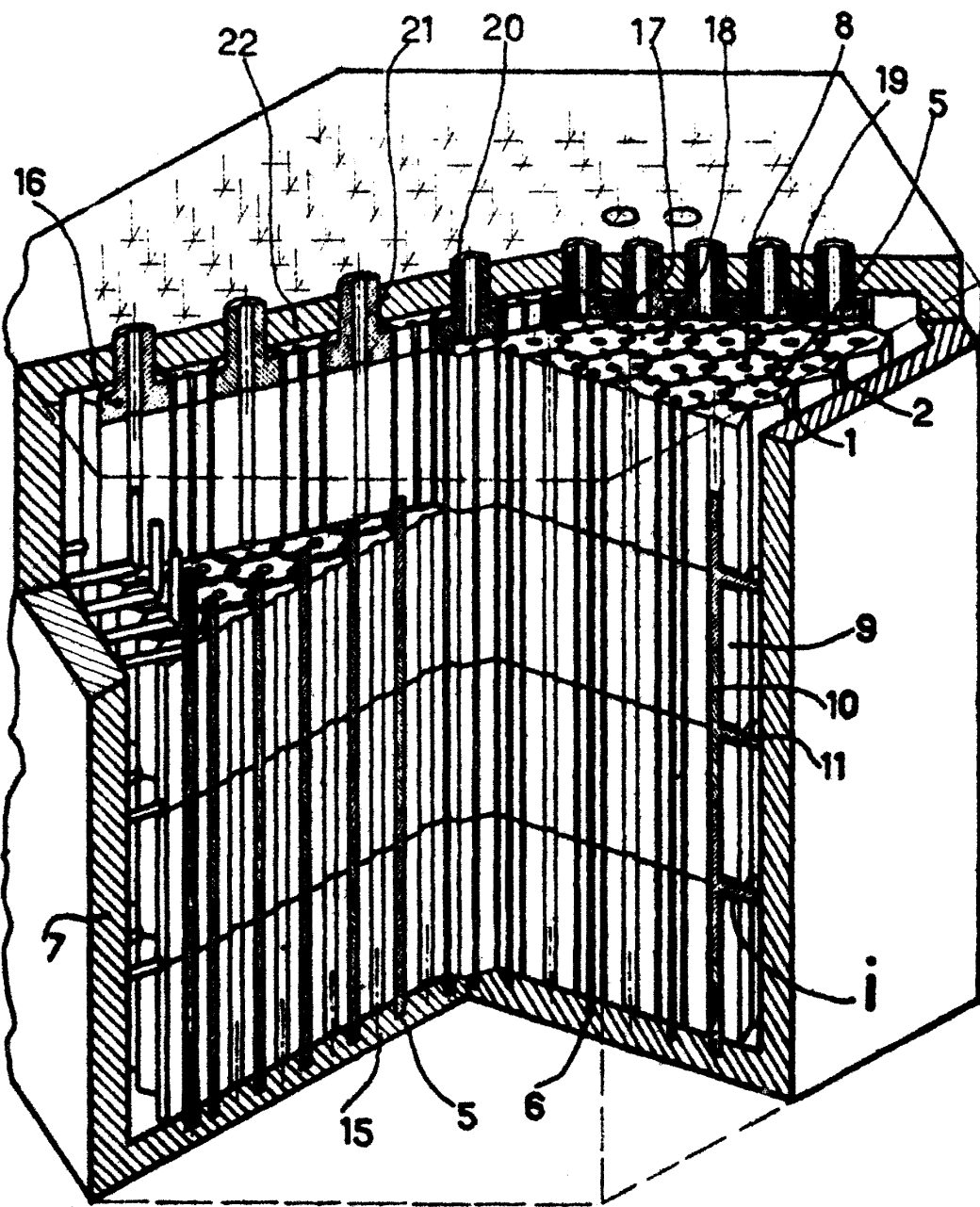


Fig. 6

Alvaro de Eizaburu
Ingeniero

108717



108717

252691

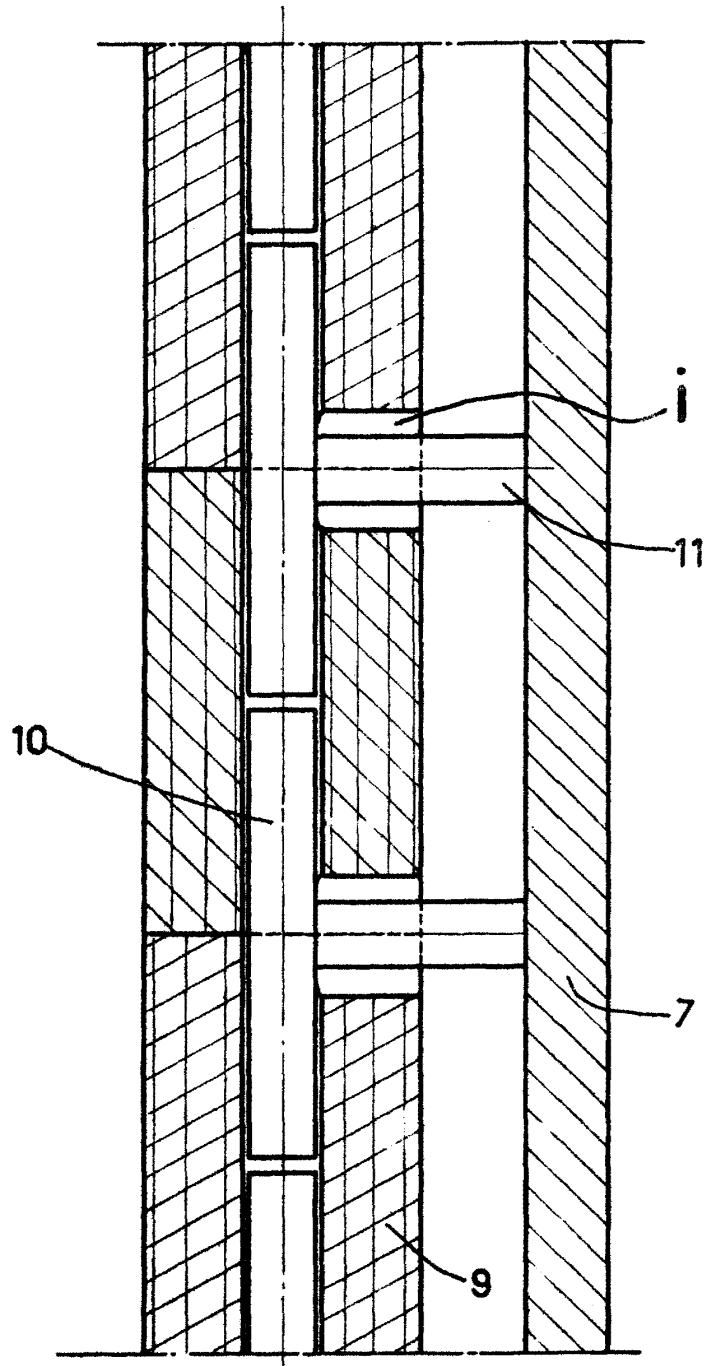


Fig. 7

[Handwritten signature]

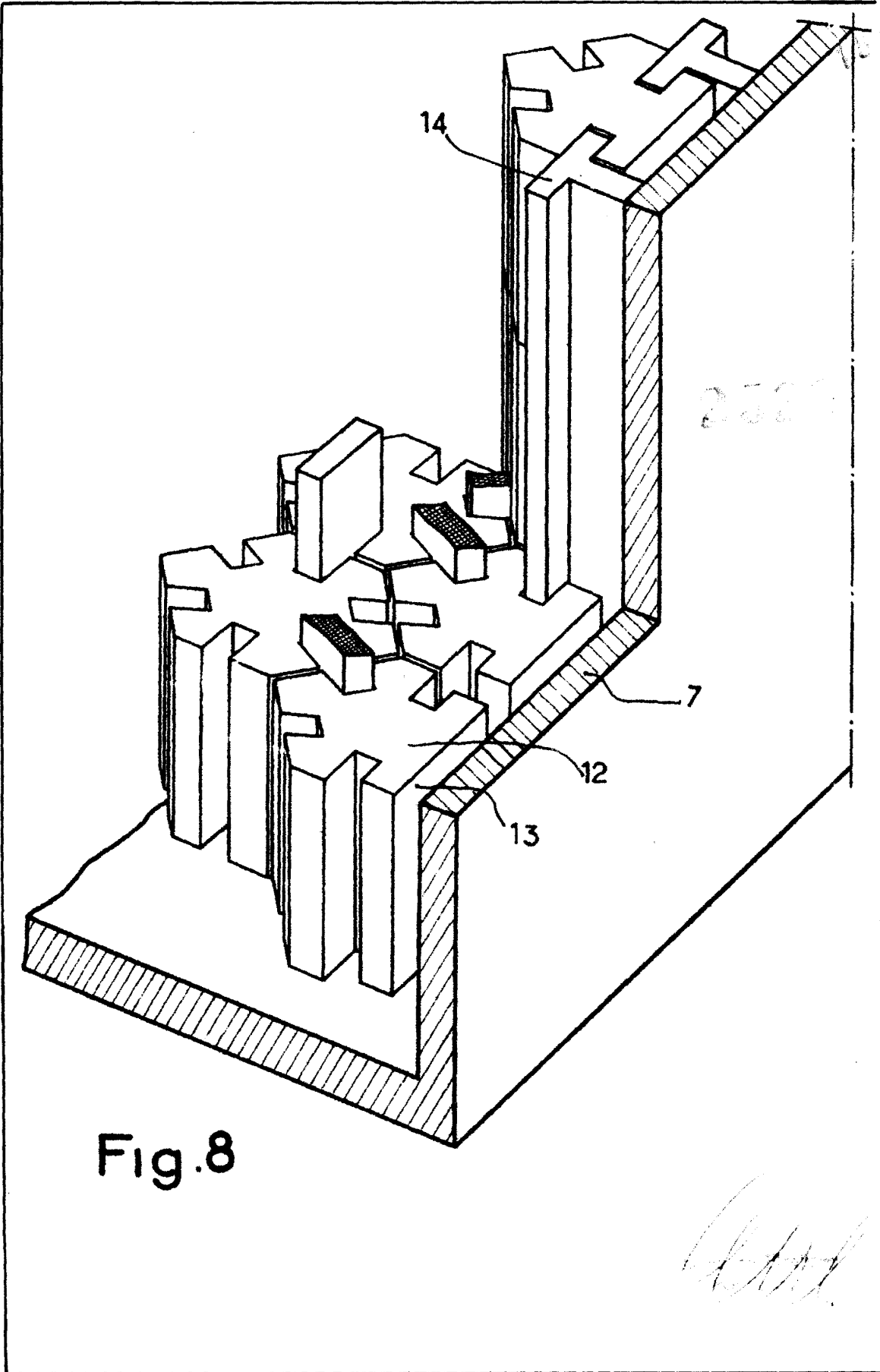


Fig.8

[Handwritten signature]



252601

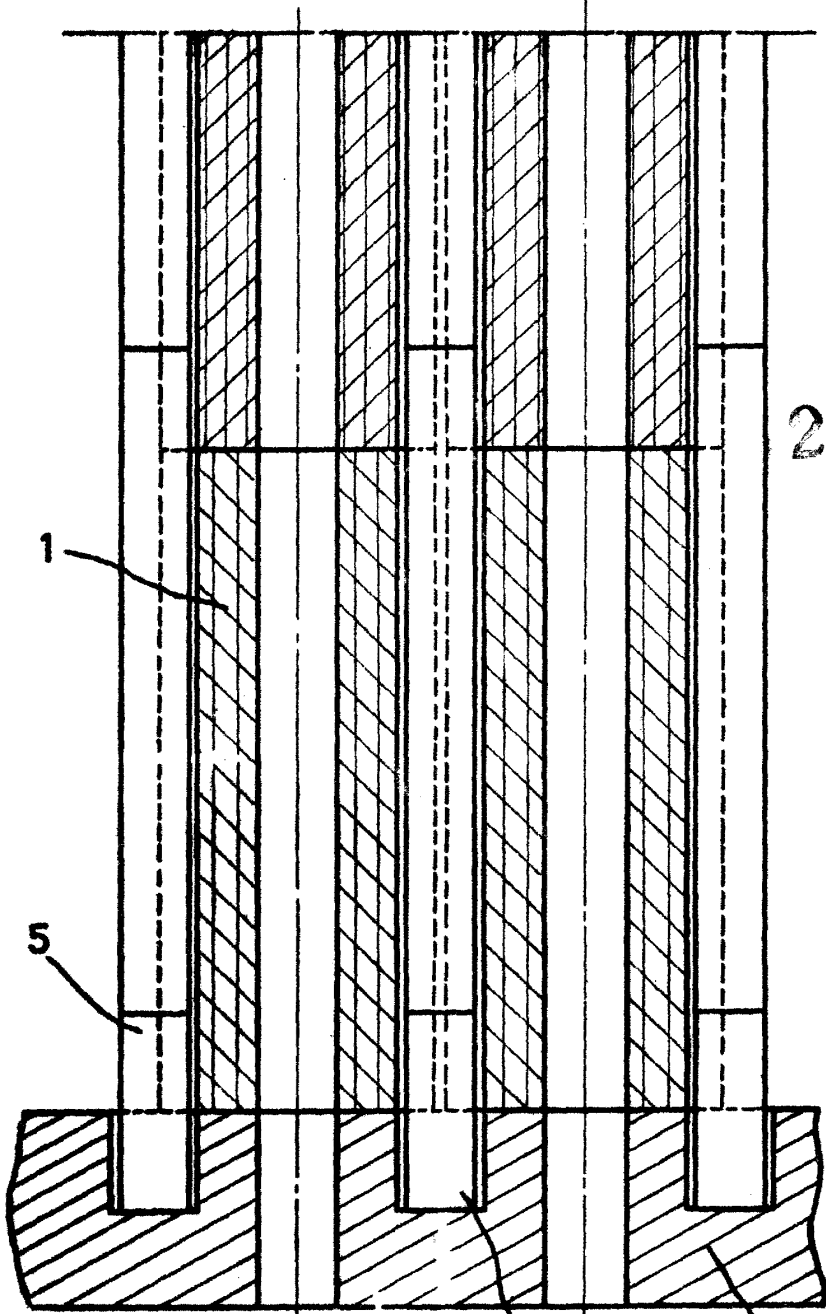
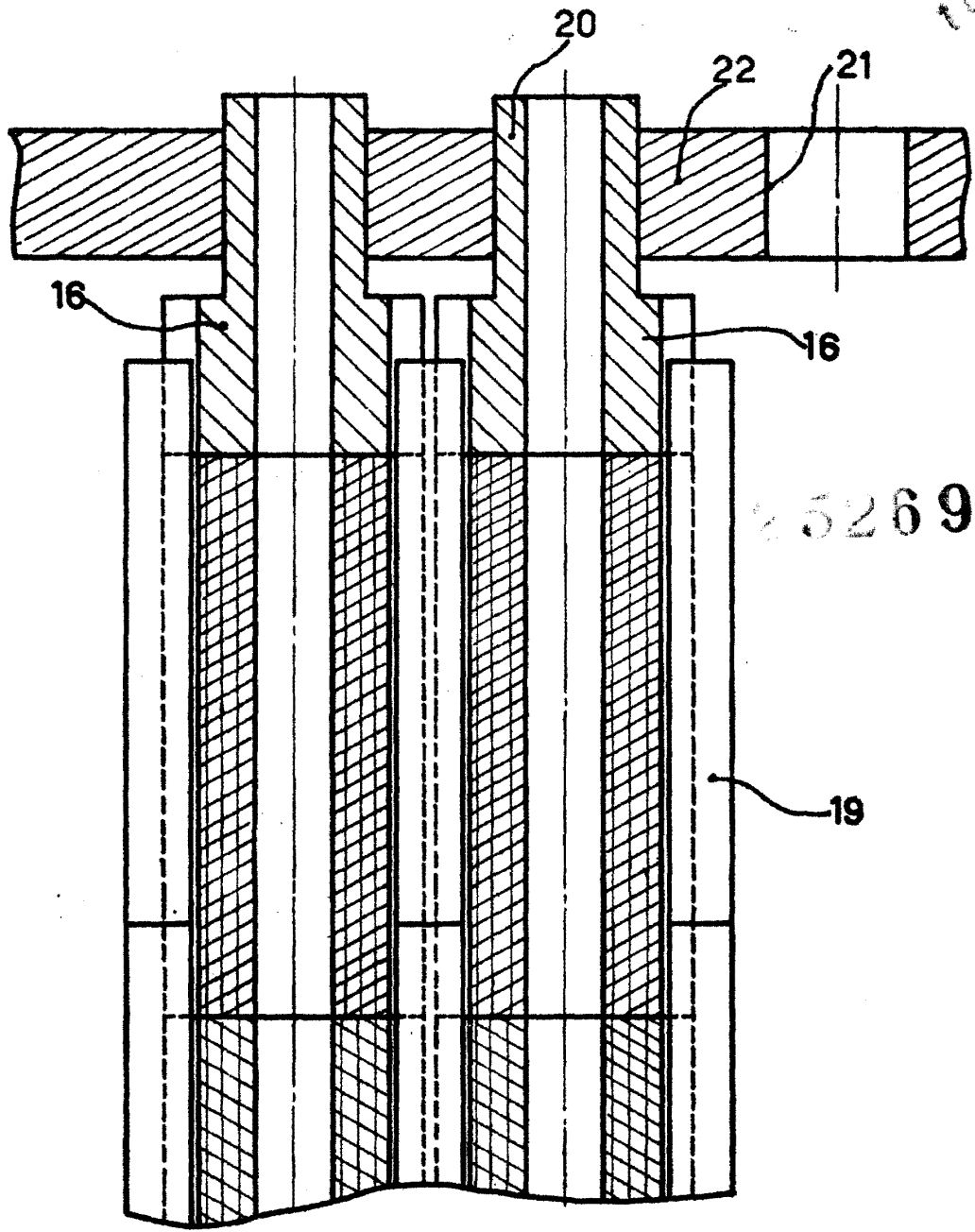


Fig. 9

[Handwritten signature]

610710



252691

Fig.10

[Handwritten signature or initials]

252691

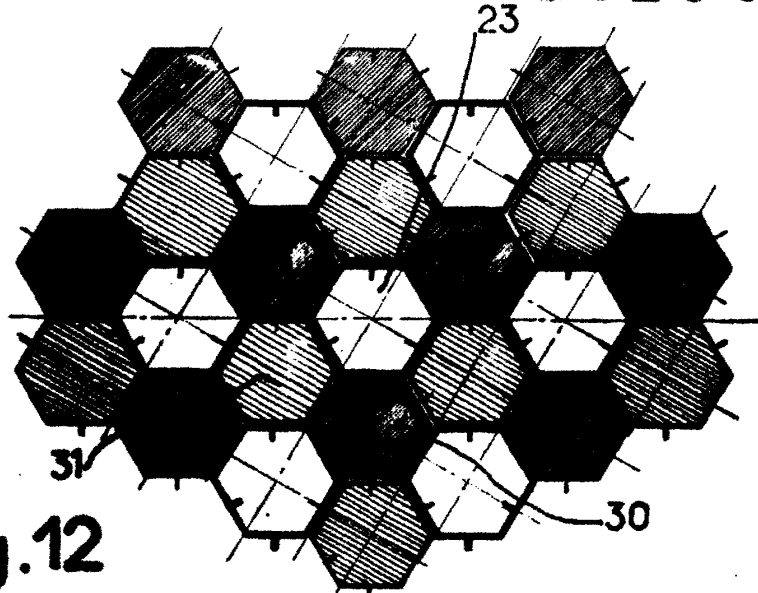


Fig.12

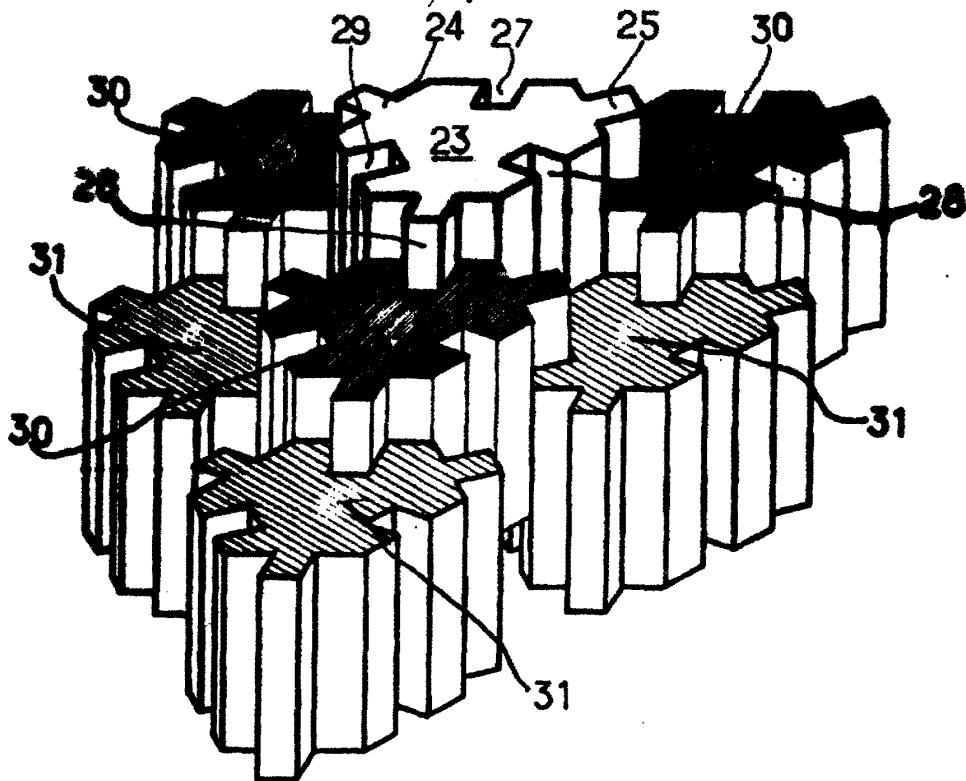


Fig.11

[Handwritten signature]