

18 ABR. 1963

P.- 24.379

B 856 - 3



286481

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

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

formulada el 27 de Marzo de 1963, con el Núm. 286.481

e n

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 ESTRUCTURA DE NUCLEO PARA REACTOR NUCLEAR".

El presente invento tiene por objeto una estructura de núcleo para reactor nuclear con moderador sólido.

En los reactores de este tipo, el núcleo comprende generalmente una masa moderadora constituida por un conjunto de barras de material moderador prismáticas de simetría axial. Casi siempre estas barras estan montadas en un conjunto de columnas verticales adyacentes constituidas cada una por una seire de barras de sección recta idéntica dispuestas extremo con extremo, estando aseguradas la cohesión y la estabilidad del conjunto, por ejemplo, por un sistema de chavetas lon-

18 AB



gitudinales de la clase descrita en la patente francesa número 1.214.246 del COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

5 En los reactores realizados hasta ahora, la parte activa del núcleo (denominada así por oposición a la parte que forma reflector, en la cual no se produce ninguna fisión) estaba atravesada por canales paralelos cuyo número era sensiblemente igual al de las columnas; en estos canales se alojaban los elementos combustibles y circulaba el fluido de refrigeración.

10 En el caso mas frecuente, las barras que constituyen cada columna estaban perforadas según su eje longitudinal para que su superposición determine un canal que se extiende en toda la longitud de la columna; pero la presencia del ánima tenía el inconveniente de provocar una pérdida notable de material moderador en el curso de la mecanización a partir de una barra maciza y un debilitamiento de la resistencia mecánica de las barras.

15 Según otra disposición conocida, las barras que constituyen cada columna eran macizas, pero sus caras laterales tenían vaciados longitudinales que constituyen cada uno una porcion angular de canal; los canales aparecian en el momento del montaje de las barras en columnas y columnas adyacentes entre si, presentaban ejes paralelos al eje de las columnas, ya sea contenidos sensiblemente en las caras longitudinales de éstas, ya sea colocados en las aristas longitudinales de las columnas.

20 Las dimensiones transversales de las barras estan limitadas por consideraciones de fabricación y de manipulación. En una u otra de las disposiciones precedentes, la limitación de las dimensiones de las barras implica una limitación

30



correlativa del diámetro de los canales y, a volumen de va-
cíos dado, un número de canales más elevado que el que im-
pondrían consideraciones puramente neutrónicas y térmicas.
Ahora bien, el número de secuencias completas de operacio-
5 nes de recarga y el tiempo que les es consagrado aumenta de
manera casi proporcional al número de los canales para un
número dado de elementos por canal. Además, un problema su-
plementario se plantea en el caso de un reactor encerrado
en un cajón bajo presión y recargado por medio de una má-
10 quina colocada fuera del cajón: Consideraciones de resisten-
cia de los materiales obligan a limitar el número de los pozos
practicados en el cajón para dar acceso a los canales, y de
ahí la necesidad de realizar dispositivos de recarga en ele-
mentos combustibles tanto más complejos cuanto más elevado
15 es el número de los canales a servir desde un solo pozo.

El presente invento tiene por objeto una estructura de
núcleo para reactor nuclear con moderador sólido, que permi-
te utilizar barras de moderador de dimensiones clásicas sim-
plificando a la vez notablemente los problemas de manipula-
20 ción de combustible gracias al empleo de un número de cana-
les reducidos.

El invento propone una estructura de núcleo para reac-
tor nuclear con moderador sólido que comprende una plurali-
dad de conjuntos prismáticos idénticos dispuestos paralela-
25 mente a una dirección común y que presentan una sección rec-
ta perpendicular a dicha dirección tal que los conjuntos se
asocian unos con otros sin intervalos residual que no sean
las holguras y medios de enchavetado longitudinales entre di-
chos conjuntos paralelos a dicha dirección y dispuestos se-
30 gún al menos dos orientaciones diferentes, caracterizado por

286481



que cada uno de dichos conjuntos consiste en al menos dos
barras de moderador prismáticas yuxtapuestas que presentan
ejes paralelos a dicha dirección común, en una celda de com-
bustible nuclear que deja un paso paralelo a dicha dirección
5 destinado a la circulación de un refrigerante fluido y en
medios de enchavetado que se extienden paralelamente a dicha
dirección, estando dispuesta cada celda en su conjunto pris-
mático y los conjuntos prismáticos dispuestos unos con rela-
ción a otros de tal manera que cada celda de combustible es-
10 té rodeada únicamente por barras de moderador.

Con relación a las disposiciones clásicas, tal dispo-
sición puede conducir, para dimensiones transversales de
barras dadas, a una reducción por un factor al menos igual
a dos del número de los canales. Esta reducción va acompaña-
15 da necesariamente de un aumento del paso de la red de los
canales y por consecuencia de un aumento de la masa del
combustible en cada canal. Este se consigue o bien por el
empleo de una sola línea de elementos combustibles de gran
sección y de geometría tal que los gradientes de temperatu-
20 ra permanezcan admisibles, en el seno del combustible (de
forma tubular o de sección recta, por ejemplo en estrella),
ya sea por la reunión en haz en una misma camisa de material
moderador de varias líneas de elementos combustibles de di-
mensiones clásicas alojadas en subcanales.

25 En este último caso, estan previstos dispositivos de
centrado y de orientación angular para orientar las camisas y
los canales a fin de realizar la alineación de las porciones
de subcanales pertenecientes a camisas diferentes.

Entre otras características interesantes que represen-
30 tan otras tantas ventajas sobre una estructura clásica que



hace uso de barras provistas de vaciados que constituyen los canales, se pueden citar las siguientes:

5 1. El espacio disponible entre dos canales para una dimensión transversal dada de las barras y una relación sección total de los canales a sección de moderador dada, es sensiblemente aumentado, lo que permite:

10 a) Prever a través del cajón un orificio enfrente de cada canal; en el caso de un cajón de hormigón pretensado, los orificios permanecen todavía suficientemente espaciados para permitir el paso fácil de los cables de pretensado o de las armaduras metálicas.

15 b) en el caso de una descarga en "granero", por ejemplo de la clase descrita en la solicitud de patente francesa número PV 888.606 del 20 de febrero de 1962 del COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, reducir el número de orificios practicados en la losa que separa el granero del núcleo, lo que se traduce en una mayor facilidad de construcción, un aumento de la rigidez, y una disminución del precio;

20 c) alojar fácilmente las barras de control en el eje de ciertas barras, así como eventualmente sus tornos a los dispositivos de transmisión de su varillaje de mando.

25 2. Es posible dar a la red de los canales un paso elevado utilizando bloques de moderador de dimensiones corrientes, unidos por chavetas longitudinales, lo que permite librarse totalmente del efecto WIGNER; por el contrario, las soluciones anteriores exigían bloques de grandes dimensiones.

3. La resistencia del apilamiento a las fuerzas transversales es aumentada por el hecho de la reducción de los debilitamientos en la zona de las ranuras de enchavetado.

30

286481



4. La pérdida de material moderador durante la mecanización es disminuida a consecuencia de la supresión de la perforación de los bloques de moderador.

5 más flexible: se pueden utilizar en efecto, o bien elementos clásicos unidos en haz, lo que evita todo nuevo estudio, o bien elementos de mayor sección, cuyo coste de estudio y de puesta a punto está compensada por la reducción del número de las piezas a fabricar.

10 6. La recarga de combustible del reactor se efectúa en un número de canales menor, por consiguiente supone un número de secuencias completas inferior, de lo que se deduce una reducción de los riesgos de incidentes y del número de máquinas para la renovación de un número dado de elementos combustibles.

15 El invento será mejor comprendido con la lectura de la descripción que sigue de diversos modos de puesta en práctica del invento, dados a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos que la acompañan y en los
20 cuales:

- La figura 1 es una vista en corte, según un plano perpendicular al eje de las barras, de una estructura en núcleo en la cual barras y canales tienen secciones rectas hexagonales regulares del mismo orden.

25 - la figura 2 es una vista parcial muy esquemática de una porción de estructura según una variante del modo de realización de la figura 1;

- la figura 3, similar a la figura 1, muestra el detalle de la estructura de la figura 2 rodeada por un marco en trazos mixtos, sobre ésta;



- las figuras 4 y 5, similares a la figura 1, muestran otras variantes que comprenden todavía barras y canales de sección recta hexagonal regular del mismo orden;
- la figura 6 es una vista parcial en perspectiva de la estructura del núcleo representada en la figura 4;
- las figuras 7, 8 y 9 muestran esquemáticamente porciones de estructuras según otros modos de realización del invento, en los cuales las columnas tienen una sección recta hexagonal irregular y los canales una sección recta hexagonal regular;
- la figura 10 muestra esquemáticamente una porción de estructura según todavía otro modo de realización del invento, en el cual las columnas tienen una sección recta hexagonal irregular y los canales una sección recta cuadrada;
- la figura 11 muestra esquemáticamente una porción de estructura según todavía otro modo de realización del invento, en el cual las columnas y los canales tienen una sección recta cuadrada del mismo orden;
- la figura 12 muestra esquemáticamente una porción de estructura según todavía otro modo de realización del invento, en el cual las columnas tienen una sección recta unas veces octogonal y otras cuadrada y los canales una sección recta cuadrada;
- la figura 13 representa esquemáticamente una camisa de celda de combustible nuclear y el extremo de un canal en el cual viene a introducirse;
- la figura 14 es un corte según la línea 14-14 de la figura 13;
- las figuras 15 a 20, similares a la figura 14, re-

presentan esquemáticamente diversas formas de columnas posibles y de canales.

Representando las figuras 1 a 20 (con excepción de las figuras 6 y 13) secciones rectas, para mayor sencillez, se ha juzgado preferible en la descripción y las reivindicaciones emplear a veces términos de geometría plana para calificar figuras del espacio. A título de ejemplo "columna hexagonal" significará "columna de sección recta hexagonal", etc. ...

La figura 1 muestra una porción de una estructura de núcleo constituida por la yuxtaposición de conjuntos elementales idénticos. Cada uno de estos conjuntos, tales como el conjunto 22 rodeado por un marco de trazos en la figura 1, se compone de dos columnas hexagonales regulares 24 y 26, de eje vertical en general, unidas por una línea de chavetas 28, y de un canal 30 de forma homotética a la de las columnas. Este canal recibe los elementos combustibles no representados y sirve para la circulación de un fluido portador de calor. La figura 1 muestra que la yuxtaposición de las secciones rectas de los conjuntos permitiría llenar todo el plano sin otros intervalos que las holguras entre los conjuntos y entre las columnas de un mismo conjunto.

En la práctica, la parte activa del núcleo (constituido por los conjuntos) está limitada en su periferia por columnas que forman reflector y el conjunto comprende, según se cuenten estas últimas columnas o no, un poco más o un poco menos de $2n$ columnas para n canales.

Cada conjunto está unido a las columnas de los conjuntos adyacentes por líneas de chavetas longitudinales dispuestas según planos que pasan por los ejes de las dos colum-



nas a unir, es decir, según los planos medios de aquellas
caras laterales de sus columnas que están enfrente de co-
lumnas de otros conjuntos. En el caso mostrado en la figu-
ra 1, donde los conjuntos están constituidos por dos colum-
nas y por un canal, una cara de cada dos solamente está encha-
vetada. El conjunto 22 por ejemplo está unido a los conjuntos
adyacentes por cuatro líneas de chavetas 32, 34, 36 y 38 que
no proporcionan más que dos direcciones distintas de encha-
vetado a 120°. Estas líneas de chavetas pueden presentar una
de las disposiciones descritas en la patente francesa número
1.214.246 a la cual puede hacerse referencia.

La existencia de dos orientaciones solamente de pla-
nos de enchavetado origina la presencia de dos direcciones
de separación a 120° entre el conjunto 22 y los conjuntos
adyacentes. Uno de estos planos de separación 40 está repre-
sentado en trazos mixtos en la figura 1 donde se ve que las
partes situadas a uno y otro lado de la línea 40 pueden se-
pararse sin rotura de las chavetas, sino simplemente por des-
lizamiento de éstas en las ranuras de las columnas.

La estructura de la figura 1 tiene tres direcciones
de planos de separación que corresponden a los tres planos
de las caras laterales de las columnas: en efecto, si se con-
sidera como conjunto elemental no ya las columnas 24 y 26 y
el canal 30, sino las columnas 24 y 42 y el canal 30 (lo que
se puede hacer puesto que tal conjunto cumple las condicio-
nes enunciadas más arriba) se ve que los planos de encha-
vado entre conjuntos elementales son los de las chavetas 28 y
34 y las direcciones de planos de separación son entonces
las de las caras correspondientes de la columna 24.

De una manera general, cuando la parte activa del nú-



cleo comprende sensiblemente dos veces mas columnas que canales, es dificil por razones geométricas enchavetar los conjuntos elementales entre sí segun tres planos distintos por medios sencillos. Ahora bien, es necesario evidentemente evitar la división de la estructura de parte a parte. Las posibilidades de división podrán ser anuladas por ejemplo utilizando un reflector constituido por columnas hexagonales adyacentes provistas de líneas de chavetas en todas sus caras laterales. Este reflector podra ser mantenido a su vez por una faja rígida o una serie de pilares según por ejemplo la disposición descrita en la patente francesa número 1.260.603 del Comisariat a l'Energie Atomique.

La utilización de un apilamiento reflector que abarca el núcleo propiamente dicho y constituido por columnas hexagonales adyacentes provistas de línea de chavetas en todas sus caras laterales, no impide sin embargo la división interna de parte a parte del núcleo activo. Ahora bien, el mando del reactor está asegurado en general por barras de control desplazables paralelamente a los canales ocupados por celdas con elementos combustibles para hacerlas penetrar más o menos en el núcleo. Estas barras de control presentan un diámetro mucho menor que el de las celdas con elementos combustibles y pueden por consiguiente ser suficientes canales de dimensiones menores que pueden estar perforados según el eje de columnas.

La variante del invento representada en las figuras 2 y 3 prevé columnas suplementarias que reciben las barras de control para limitar la longitud de los planos de división interna. En esta variante, un cierto número de canales distribuidos regularmente en la estructura están sustituidos por co-

286481



lumnas tales como 44 perforadas por canales tales como 46 destinados a las barras de control. Estas columnas están unidas por todas sus caras a las columnas circundantes por líneas de chavetas tal como 48 (figura 3).

5 La longitud de los planos de división está así limitada al intervalo entre dos columnas sucesivas ocupadas por barras, es decir, al producto del paso p de la red por la relación del número de canales al número de barras: esta relación no puede tomar evidentemente cualquier valor entero, si
10 se desea que la red de las barras de control sea regular, pero el número de combinaciones posibles sigue siendo suficientemente para permitir el empleo del número aproximado de barras de control impuesto por lo demás. A la red regular pueden estar superpuestas por lo demás barras suplementarias.

15 En el modo de realización representado en las figuras 2 y 3, un canal de cada siete está sustituido por una barra; las barras de control están dispuestas entonces según una red triangular cuya orientación está desplazada de la de la red triangular de los canales en un ángulo α (figura 2) dado
20 por la relación:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} p \quad \frac{1}{2,5 p} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

El paso de la red de las barras es entonces P , unido al paso p de la red de los canales por la relación:

25

$$P = \frac{2,5 p}{\cos \alpha}$$

Se puede adoptar evidentemente una densidad diferente de barras de control y desplazar por consiguiente la red de las barras y la red de los canales. Para una red triangular,
30 el ángulo α y el paso P pueden tomar los valores siguientes:

286481



$$\left\{ \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{P}{(1,5+n)p} \\ P &= \frac{(1,5+n)p}{\cos \alpha} \end{aligned} \right.$$

5 donde n es un número entero cualquiera, positivo o nulo.

Se pueden tomar por ejemplo los valores siguientes:

1/n = 0 (un canal de cada tres sustituido por una barra)

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{3}/3 \qquad P = \frac{1,5p}{\cos \alpha}$$

10

2/n = 2 (un canal de cada trece sustituido por una barra)

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{3}/7 \qquad P = \frac{3,5p}{\cos \alpha}$$

15

3/n = 3 (un canal de cada veintiuno sustituido por una barra)

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{3}/9 \qquad P = \frac{4,6p}{\cos \alpha}$$

20

Las figuras 4 y 6 por una parte, y la figura 5 por otra parte, muestran dos modos de realización en los cuales las columnas y los canales tienen igualmente formas hexagonales regulares, pero en el primer caso los conjuntos elementales tienen tres columnas para un canal y en el segundo seis columnas para un canal. En los dos casos, se puede comprobar

25 fácilmente que los conjuntos elementales están enchavetados a los conjuntos adyacentes según tres orientaciones de planos enchavetados. Así, el conjunto elemental 50 de las figuras 4 ó 6 (rodeado por un marco de trazos en la figura 4) está unido a los conjuntos adyacentes por líneas de chavetas 52 y 54 dispuestas según una primera orientación, 56 y 58 dispues-

285481



tas según una segunda orientación a 120° de la precedente,
 y 60, 62, 64 y 66 dispuestas según una tercera orientación
 a 120° de las dos primeras. Las líneas de chavetas permane-
 cen evidentemente dirigidas según los planos que unen los
 5 ejes de las dos columnas que reúnen.

Las columnas estan constituidas por la yuxtaposición
 extremo con extremo de barras: para asegurar la alineación de
 las barras superpuestas en una misma columna e impedir su ro-
 tación relativa, son posibles varias soluciones: encaje de
 10 las barras una en otra, interposición de piezas de conexión,
 empleo de líneas de chavetas que sirven para la unión de las
 columnas haciendo sobresalir la misma chaveta sobre dos ba-
 rras consecutivas por lo menos, etc. ... Las barras de todas
 las columnas pueden estar al mismo nivel para constituir le-
 15 chos o estar desplazadas axialmente para presentar la dispo-
 sición representada en la figura 6.

En los ejemplos anteriores los canales y columnas son
 de formas sensiblemente idénticas; para una dimensión dada de
 los canales, el paso de la red no puede tomar por consiguien-
 20 te más que un número muy limitado de valores: si a es la lon-
 gitud del lado de los hexágonos cuya yuxtaposición llenaría
 el plano sin holguras, el paso p será igual a $3a$ en el ejemplo
 de la figura 1, a $2a\sqrt{3}$ en el ejemplo de la figura 4, etc. ...
 No podrá obtenerse ningún valor intermedio.

Un método sencillo de resolver el problema de obtención
 de valores intermedios del paso p consiste en la utilización
 de barras de sección recta hexagonal irregular, método que per-
 mite modificar al mismo tiempo la relación de la sección total
 de los canales a la sección total de columnas, y por consi-
 25 guiente, la relación del volumen total de vacíos al volumen
 30

286481



total de moderador.

5 En las figuras 7, 8 y 9, se han esquematizado modos de realización en que las columnas son todas idénticas, pero presentan una sección en forma de hexágono irregular, permaneciendo la sección de los canales un hexágono regular.

10 En el modo de realización de la figura 7, los conjuntos elementales tales como 68 tienen dos columnas 70 y 72 para un canal 74, y se ven aparecer como en el caso de la figura 1 planos de división tales como 76 debidos a la existencia de dos orientaciones de planos de enchavetado solamente entre los conjuntos elementales adyacentes. Cada columna presenta una simetría de revolución de orden 3 y las chavetas permanecen dirigidas según los planos que unen los ejes de las dos columnas que reunen.

15 La longitud de los planos de división puede estar limitada evidentemente por la sustitución de ciertos canales por columnas suplementarias, según una disposición similar a la presentada en las figuras 2 y 3.

20 En el modo de realización de la figura 8, los conjuntos elementales tales como el conjunto 78 rodeado de un marco de trazos tienen un canal para tres columnas. Como en el caso de las figuras 4 y 5, esta estructura presenta tres orientaciones de planos de enchavetado distintos entre los conjuntos elementales y en el seno de un mismo conjunto, y por consiguiente no admite planos de división.

25 Cada columna admite todavía un eje de simetría alrededor del cual presenta una simetría de orden 2. Las líneas de chavetas estan dirigidas todavía evidentemente según los planos que pasan por el eje de las dos columnas que unen, planos que no son ya los planos diametrales de las caras opuestas,

30

280481



En el modo de realización de la figura 9, los conjuntos elementales tales como el conjunto 80 rodeado por un marco de trazos, tienen un canal y seis columnas que rodean completamente el canal. La sección recta del canal permanece hexagonal regular pero la de las barras no admite ya centro de simetría. Las líneas de chavetas deben estar dirigidas entonces según direcciones que unen ejes que pasan por los centros de gravedad geométrica de las secciones rectas de las barras a unir.

Una condición suplementaria debe ser respetada para evitar la aparición de tensiones en la estructura: la relación entre las dimensiones máxima y mínima de las barras no debe rebasar un cierto valor; si esta condición no es respetada, las chavetas que unen dos columnas pertenecientes a dos conjuntos diferentes, tales como las columnas 84 y 86, adoptan una angularidad exagerada con relación al plano medio de las caras, angularidad que haría difícil su mecanización y debilitaría el enchavetado. Además, las dilataciones o contracciones de las barras podrían traducirse (por el hecho de frotamiento contra las solera, por ejemplo) por un movimiento de éstas y por un desplazamiento de las ranuras que reciben las chavetas, de donde se derivarían tensiones en las chavetas y las paredes de las ranuras.

Finalmente, razones económicas conducen a adoptar una sección recta tan próxima como sea posible a la de un círculo, viniendo el bloque de grafito de origen, en general, de extrusión en forma de un cilindro circular.

Se puede considerar $3/2$ como un límite práctico de la relación de las dimensiones máximas normales. Más allá de esta relación aparecen los inconvenientes señalados más arriba, inconvenientes que no están contrapesados por ninguna ventaja sensi-

286481



ble.

En el modo de realización de la figura 10, los conjuntos elementales tales como el conjunto 88 rodeado por un marco de trazos, tienen cada uno un canal y dos columnas. La sección rec-
ta del canal es cuadrada, la de los bloques es hexagonal irre-
gular, pero presenta sin embargo un centro de simetría. La red
de los canales es de paso cuadrado. Las líneas de chaveta que
unen dos barras están dirigidas evidentemente según el plano
que pasa por los ejes de simetría de las dos barras unidas.
Estas chavetas permanecen perpendiculares a las caras, pero no
están ya contenidas en el plano medio de éstas. Las chavetas
dispuestas según los vértices de los hexágonos para unir los
conjuntos con otros proporcionan la tercera orientación de
los planos de enchavetado necesaria para evitar la división
de la estructura.

Aquí todavía es preferible no rebasar una relación de $3/2$ entre las dimensiones máxima y mínima de la sección recta de las barras.

El modo de realización mostrado en la figura 11 utiliza conjuntos elementales, tal como el conjunto 90 rodeado por un marco de trazos, constituidos por un canal y cuatro columnas, todos cuadrados. Las barras presentan aquí todavía una sección del mismo orden, ligeramente inferior a la del canal por el hecho de las holguras a prevér.

Las chavetas dispuestas según los planos medios de las caras ofrecen dos orientaciones de enchavetado. Para proporcionar una tercera orientación, basta colocar las chavetas en los ángulos de las barras. Para mayor simetría, se podrían utilizar chavetas cruciformes en los ángulos, pero esta solución presenta el inconveniente de requerir una mecanización



delicada y conducir a chavetas diferentes según los emplazamientos sin presentar ventajas sensibles.

5 Las barras pueden ser mecanizadas evidentemente con un número de ranuras suficiente para que sean todas idénticas y utilizables en cualquier emplazamiento.

En todos los modos de utilización precedentes, las columnas pueden ser hechas todas idénticas, pero esta solución no es absolutamente indispensable. A título de ejemplo, la figura 12 muestra un ejemplo de realización en que cada conjunto elemental, tal como el conjunto 92 rodeado por un marco de trazos, tiene un canal cuadrado 93, una barra cuadrada 94 cuya sección es sensiblemente idéntica a la del canal y dos barras octogonales 96 y 98 que presentan una simetría de revolución de orden 4 alrededor de su eje.

15 Los planos medios de las caras de los cuadrados y de los octógonos ofrecen entonces cuatro orientaciones de plano de enchavetado que es preferible utilizar todas para mayor simetría. En efecto, todas las chavetas permanecen de forma sencilla y no presentan los inconvenientes que hubieran originado las chavetas cruciformes necesarias para proporcionar cuatro planos de enchavetado en el modo de realización de la figura 11.

20 Cualquiera que sea el modo de realización considerado, las columnas adyacentes que determinan un canal están en general unidas con una holgura suficiente para librarse de las deformaciones de las barras debidas al efecto wigner: estas holguras ofrecen el fluido refrigerante una posibilidad de fuga entre los canales, por que las chavetas de unión, incluso cuando se extienden sobre toda la longitud de las columnas, no constituyen siempre un tabique suficientemente estanco. Es preferible, por
30 consiguiente, disponer los elementos combustibles en camisas que,



apiladas unas a continuación de otras en un mismo canal, aseguran a éste la estanqueidad deseada.

5 A título de ejemplo, la figura 11 muestra en el conjunto 90 una celda con elementos combustibles (esquemática en casos mixtos) constituida por una camisa 100 en la cual está dispuesto un haz de cuatro elementos combustibles tales como 102. La yuxtaposición de las camisas en el canal delimita un conducto 104 de circulación del conducto portador de calor.

10 Los canales que subsisten en los conjuntos de los modos de realización anteriormente descritos pueden recibir igualmente celdas con elementos combustibles que pueden presentar diversas disposiciones, no siendo indispensable aunque sí preferible la presencia de la camisa que asegura una estanqueidad mejor del conducto de circulación de fluido portador de calor.

15 En el modo de realización que acaba de ser descrito, la camisa presente una forma externa poligonal. En la mayor parte de los casos, es preferible por razones de mecanización, utilizar una camisa cilíndrica anular de grosor constante.

20 En el modo de realización representado en las figuras 13 y 14, cada conjunto tal como 105 comprende una camisa 106 que se aloja en el canal 108 delimitado por seis columnas de sección recta hexagonal tales como 110, similares a las columnas del modo de realización de la figura 9 y unidas entre sí de manera similar por chavetas no representadas. La diferencia esencial entre las columnas de los dos modos de realización recae sobre el corte de las caras que delimitan el canal y son semicilíndricas en lugar de ser planas.

30 En el ejemplo representado, la camisa 106 tiene cuatro ánimas longitudinales tales como 112 distribuidas regu-



larmente alrededor de su eje y destinadas a recibir cuatro
elementos combustibles o, más generalmente, cuatro juegos
de elementos combustibles, Cada uno de estos elementos está
centrado y retenido en el ánima correspondiente por un dis-
5 positivo cualquiera que deja subsistir un paso para el fluido
portador de calor.

Las celdas provistas de sus elementos combustibles es-
ten dispuestas unas a continuación de otras en el canal 16
soportándose mutuamente (salvo si el canal es horizontal);
10 tienen dispositivos de guía y de orientación angular que per-
miten a los ejes de las ánimas de cada camisa coincidir res-
pectivamente con los de las camisas adyacentes: se obtie-
nen así cuatro líneas de elementos combustibles situados en
cuatro subcanales que se extienden en todos el grosor del nú-
15 cleo.

En el ejemplo representado, la orientación angular de
las camisas en el canal se obtiene de la manera siguiente:
las baldosas metálicas de lastrado tales como 114 situadas
en la parte superior del apilamiento (caso de un reactor con
canales verticales) tienen un vaciado cónico 116 y luego
20 cilíndrico 118 de igual diámetro que el del canal, con obje-
to de constituir una guía tosca para introducción de las ca-
misas en el canal. Algunas de las columnas tales como 110 que
forman el canal 108 tienen nervios longitudinales tales como
25 120 dispuestos a 90° unos con relación a otros, como se pue-
de ver en la figura 14. Estos nervios se prolongan en la par-
te cilíndrica 118 del vaciado de la placa 114 donde se ter-
minan en punta. La camisa 106 tiene cuatro ranuras longitu-
dinales tales como 122 de dimensiones que corresponden a las
30 de los nervios y desplazadas angularmente 45° con relación

28648



a los ejes de las ánimas 112. Estas ranuras van ensanchándose en uno de los extremos de la camisa de manera que forman dos a dos puntas tales como 124.

5 El proceso de colocación de la camisa 106 en el canal es el siguiente: en primer lugar el vaciado cónico 116 lleva los ejes de la camisa y del canal a ser concurrentes (con excepción de las holguras). La parte inferior de la camisa penetra luego en el vaciado cilíndrico 118 y los dos ejes se confunden entonces sensiblemente. Si una punta 124 de la camisa
10 se presenta enfrente de una punta de un nervio del canal, la rampa 126 constituida por la pared lateral de la parte ensanchada de la ranura 122 hace girar la camisa hasta que la puntal entra en esta ranura. La camisa no tienen entonces más que deslizarse en el canal 16, guiada y orientada por
15 los nervios 21.

Cuando la holgura entre la camisa 106 y el canal 108 es grande, podría ocurrir que dos puntas consecutivas de la camisa se presenten enfrente de dos caras opuestas pertenecientes a dos puntas de nervios consecutivos del canal:
20 en este caso, las rotaciones imprimidas a la camisa son de sentidos opuestos y puede existir entonces un acuñaamiento. Este riesgo puede ser evitado terminando los nervios 120 en puntas situadas a alturas diferentes, como se representa en la figura 13.

25 En el caso presente, el número de los nervios es el mismo que el de las ranuras y que el de los subcanales tales como 112. Aunque esta disposición no sea absolutamente necesaria para obtener la orientación deseada, es preferible por las razones siguientes: disponiendo sobre la camisa tantos
30 órganos de guía como subcanales hay, se obtiene una rota-

35481



ción mínima de la camisa; previendo tantos nervios como ranuras, se evita la presencia de espacios vacíos longitudinales siempre perjudiciales en el plano neutrónico.

5 La disposición angular de los órganos de guía puede ser muy variable. Las figuras 15, 16 y 17 muestran disposiciones posibles para un canal cilíndrico formado por seis columnas hexagonales y una camisa que tiene $3n$ subcanales. Las figuras 18, 19 y 20 muestran disposiciones posibles para un canal hexagonal formado por seis columnas hexagonales y
10 una camisa hexagonal que tiene $3n$ subcanales. En todas estas figuras, así como en la figura 14, las chavetas de unión no están representadas.

En el caso en que la sección de la camisa es un polígono regular de m lados y que tiene $a \times m$ subcanales (siendo
15 a un número entero), es inútil prever órganos de guía a lo largo del canal: basta solamente prever chaflanes apropiados en las camisas y en las barras colocadas en cabeza de columna, según la disposición descrita en la patente francesa número 1.309.370, del COMISARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

20 Cuando las camisas son cilíndricas, se puede también en ciertos casos prever órganos de orientación llevados únicamente por las camisas, por ejemplo dientes practicados en coronas cilíndricas situadas al nivel del pie y de la cabeza de cada camisa, ya sea en la periferia, ya sea en un núcleo central. Estos órganos se encajan unos en otros y orientan las camisas unas con relación a otras. Si se desea obtener una orientación particular en el canal, basta entonces
25 prever en el extremo de éste donde viene a alojarse la camisa primeramente introducida un dispositivo de orientación para esta última.
30

286481



18

Aunque todos los modos de realización representados corresponden a estructuras de eje vertical en las cuales la unión entre las barras se efectúa por chavetas dispuestas paralelamente al eje, el invento no se limita a este marco, que es sin embargo aquél en el cual presenta mayor interés; es bien evidente que el invento será aplicable igualmente a reactores de eje horizontal o a reactores del eje vertical en los cuales la unión entre las barras se efectuaría de modo diferente.

Entre los modos de realización descritos, los que presentan generalmente mayor interés son los constituidos por barras de sección poligonal regular unidas entre si por líneas de chavetas dispuestas según al menos tres planos de orientación diferente. En efecto, estos modos de realización que corresponden al invento descrito en la patente francesa número 1.214.246 ya citada, permiten librarse totalmente del efecto Wigner y mantener de manera cierta holguras constantes entre todas las barras. Los modos de realización en los cuales las barras no son mantenidas en la red por las chavetas (modos de realización de las figuras 1 y 7) recurren al frotamiento de la base de las columnas sobre la solera que la soporta para asegurar este centrado, pero esta solución no presenta evidentemente el caracter de seguridad de la precedente.

De manera general, ha de entenderse que el alcance de la presente patente no se limita a los modos de realización representados, sino que por el contrario cubre todas las variantes.

Esta solicitud que corresponde a las presentadas en Francia el 27 de Marzo de 1962, bajo el número P.V. 892.404

286481



y el 22 de Febrero de 1963, bajo el Núm. P.V. 925.754, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

- N O T A -

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

10 1º.- Estructura de núcleo para reactor nuclear con moderador sólido que comprende una pluralidad de conjuntos prismáticos idénticos dispuestos paralelamente a una dirección común y que presentan una sección recta perpendicular a dicha dirección tal que los conjuntos se asocian unos con otros sin intervalo residual que no sean holguras y medios de enchavetado longitudinales entre dichos conjuntos, paralelos a dicha dirección y dispuestos según por lo menos dos orientaciones diferentes, caracterizada porque cada uno de dichos
15 conjuntos consiste en al menos dos barras de moderador prismáticas adosadas que presentan ejes paralelos a dicha dirección común, en una celda de combustible nuclear que deja un paso paralelo a dicha dirección destinado a la circulación
20 de un refrigerante fluido y en medios de enchavetado que se extienden paralelamente a dicha dirección, estando dispuesta cada celda en su conjunto prismático y estando dispuestos los conjuntos prismáticos unos con relación a otros de tal manera que cada celda de combustible esté rodeada únicamente
25 por barras de moderador.

30

286481



2º.- Estructura de núcleo para reactor nuclear con moderador sólido que comprende una pluralidad de conjuntos prismáticos idénticos dispuestos paralelamente a una dirección común y que presentan una sección recta perpendicular a dicha dirección tal que los conjuntos se asocian unos con otros sin intervalo residual que no sean holguras y medios de enchavetado longitudinales que se extienden paralelamente a dicha dirección y dispuestos según al menos dos orientaciones diferentes, caracterizada porque cada uno de dichos conjuntos consiste en al menos dos columnas formadas por barras de moderador prismático dispuestas extremo con extremo, en una orientación angular relativa invariable, estando dispuestas dichas columnas paralelamente a la dirección común, en una celda de combustible nuclear que deja un paso, destinada a un refrigerante fluido y en medios de enchavetado que se extienden paralelamente a dicha dirección y dispuestos según dos orientaciones diferentes al menos, estando dispuesta dicha celda de combustible en el conjunto y estando dichos conjuntos dispuestos unos con relación a otros de manera que la celda esté rodeada únicamente por columnas.

3º.- Estructura de núcleo para reactor nuclear con moderador sólido que comprende una pluralidad de conjuntos prismáticos idénticos dispuestos paralelamente a una dirección común y que presentan una sección recta perpendicular a dicha dirección tal que los conjuntos se asocian unos a otros sin intervalo residual que no sean holguras, caracterizada porque cada uno de dichos conjuntos consiste en por lo menos dos barras de moderador prismáticos adosadas y que presentan ejes paralelos a dicha dirección común, y en una celda de combustible nuclear que deja un canal paralelo a dicha dirección

286481



destinado a la circulación de un refrigerante fluido, estando dispuesta cada celda en su conjunto prismático y estando dispuesto cada conjunto prismático con relación a los otros de tal manera que cada celda de combustible esté rodeada
5 únicamente por barras de moderador, estando mantenidas dichas barras unas con relación a otras en el sentido de cada conjunto y de un conjunto a otro por chavetas de unión.

4º.- Estructura según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizada porque la relación entre las dimensiones máxima y mínima de la sección recta de las barras es inferior
10 a $3/2$.

5º.- Estructura según las reivindicaciones 1, 2, 3 ó 4, caracterizada porque cada barra está unida a las barras adyacentes por medios de enchavetado dispuestos según tres
15 orientaciones diferentes por lo menos.

6º.- Estructura según las reivindicaciones 1, 2, 3 ó 4, caracterizada porque cada barra está unida a las barras adyacentes por medios de enchavetado dispuestos según dos orientaciones diferentes y porque aquellos conjuntos que
20 están situados en los nudos de una red regular de paso determinado, superior al paso de la red de las celdas, tienen en lugar de la celda una barra suplementaria paralela a los canales, estando unida dicha barra suplementaria a las barras adyacentes por medios de enchavetado longitudinales dispues-
25 tos según tres orientaciones diferentes por lo menos.

7º.- Estructura según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las barras y las celdas tienen secciones rectas en forma de polígono regular sensiblemente idénticas.

30 8º.- Estructura según una cualquiera de las reivindi-



5 caciones precedentes, caracterizada porque cada conjunto comprende una celda de combustible nuclear constituida por una camisa de material moderador de sección sensiblemente circular, y por otros constituyentes rodeados por la camisa, y porque las barras adyacentes delimitan un canal de sección sensiblemente circular que recibe dicha camisa.

9º.- Estructura según la reivindicación 8, caracterizada por dispositivos de orientación y de guía de las camisas en los canales.

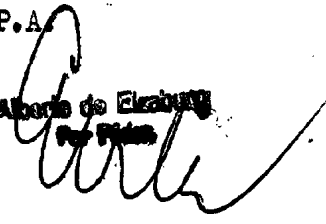
10 10º.- Estructura según la reivindicación 9, caracterizada porque cada uno de dichos dispositivos está constituido por nervios longitudinales dispuestos en las caras de las barras, en número por lo menos igual al número de líneas de elementos combustibles contenidos en las camisas, y que
15 se introducen en ranuras longitudinales de las camisas.

11º.- Una estructura de núcleo para reactor nuclear.

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.

20 Esta Memoria consta de veintiseis hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 18 ABR. 1963

P.A.

 Alberto de Elizalde
 Por el inventor

286481

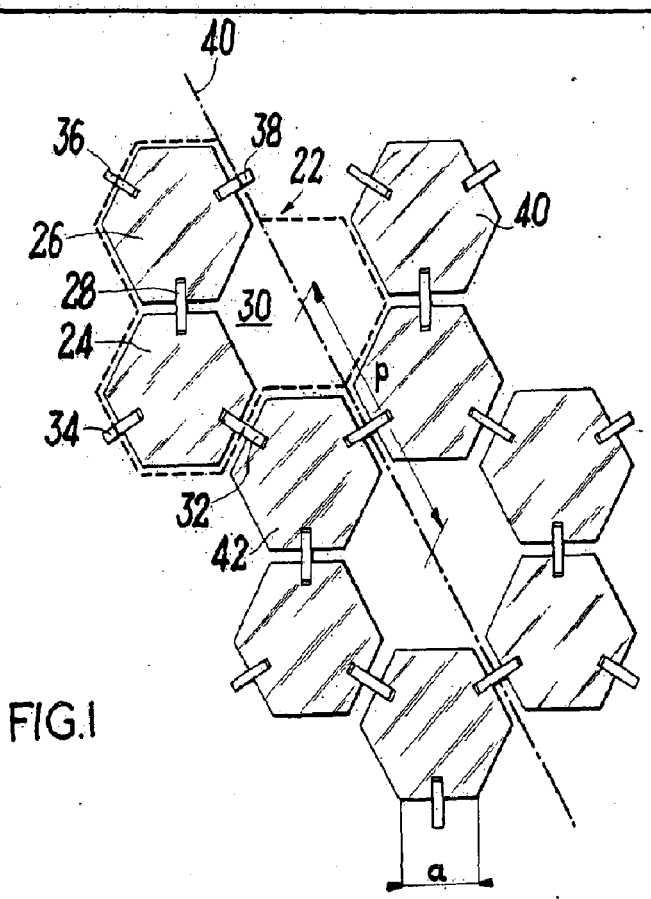


FIG. 1

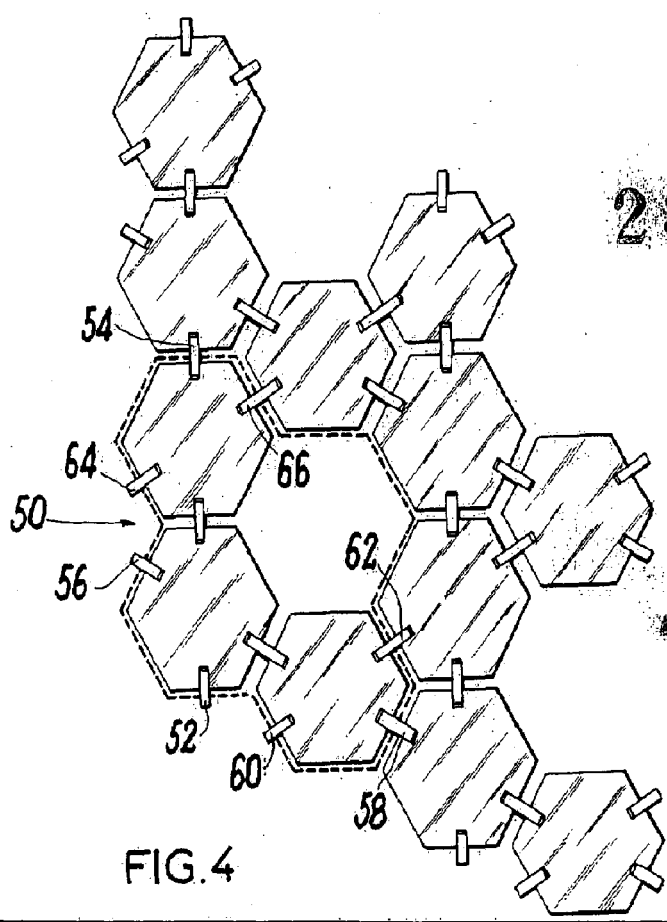


FIG. 4

2 864 81

W. K.

Handwritten scribble

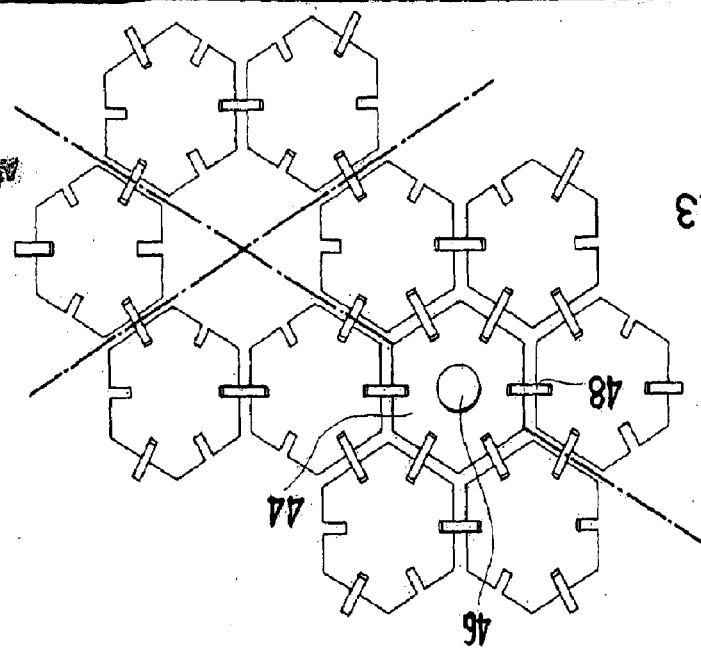


FIG. 3

286481

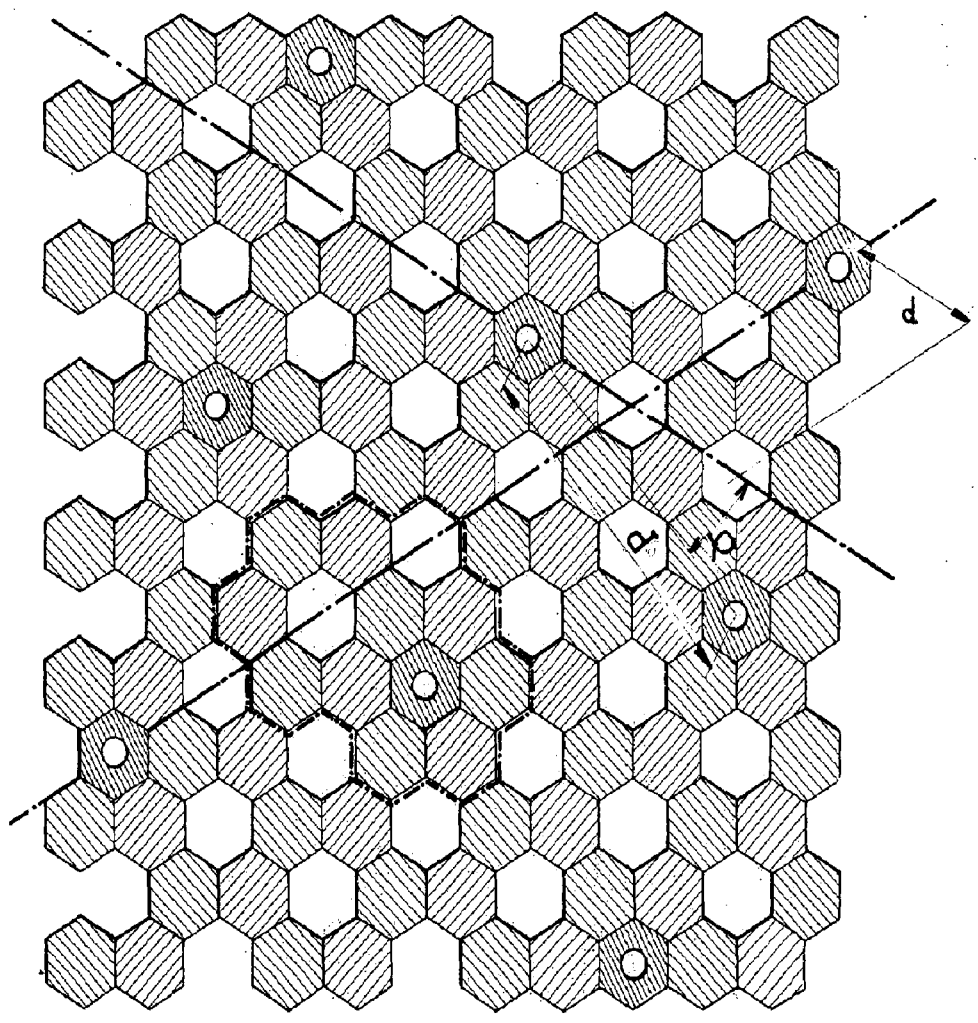


FIG. 2

RESEARCH VARIABLE

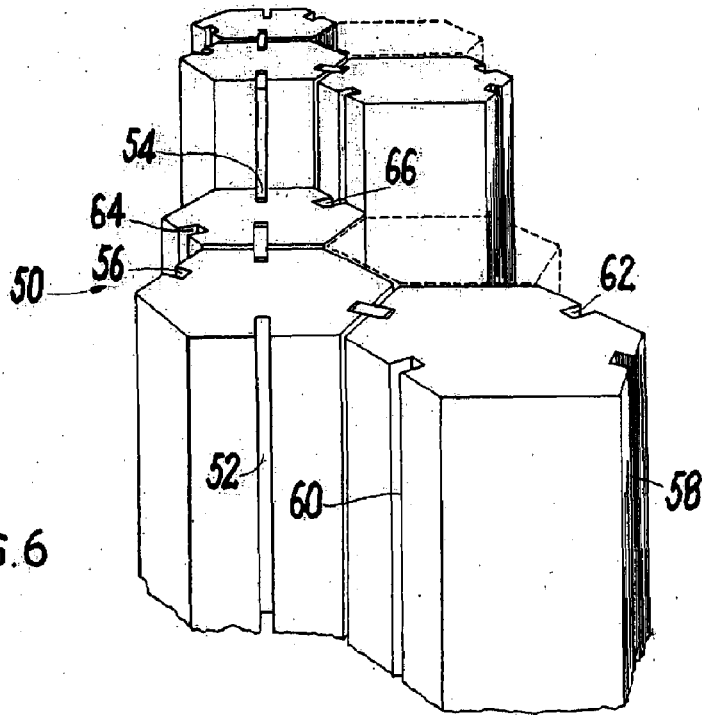


FIG. 6

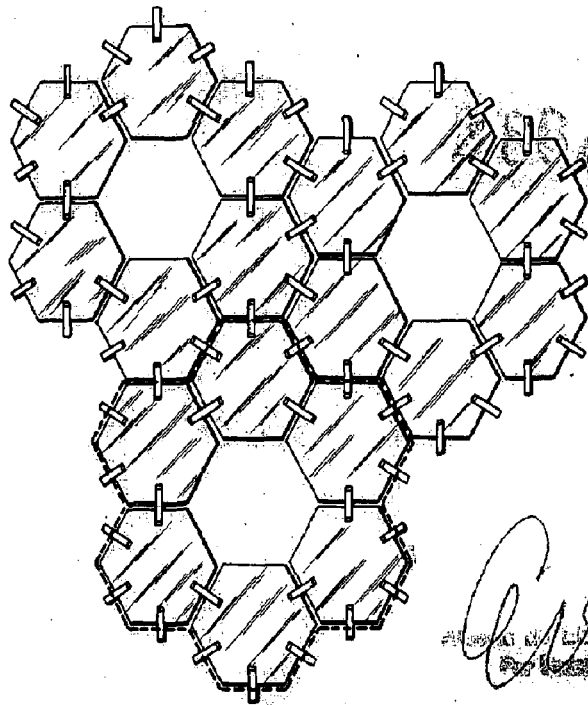


FIG. 5

Ch

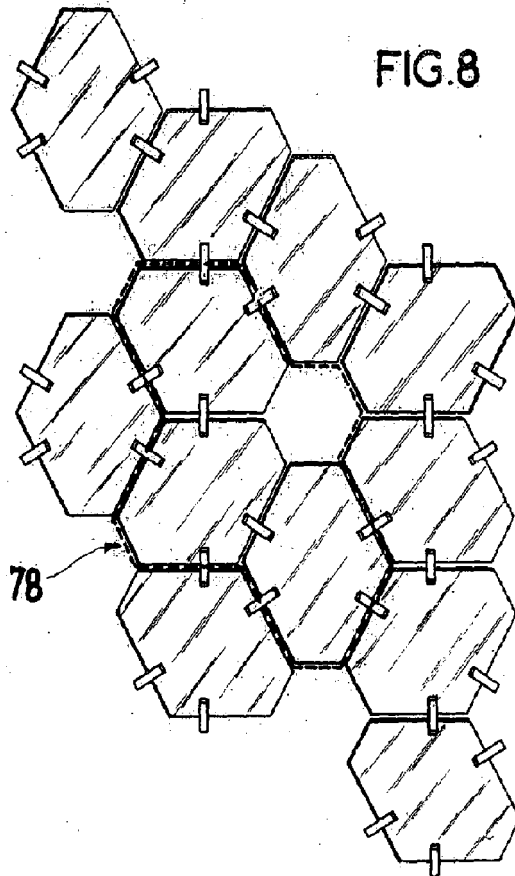


FIG. 8

78

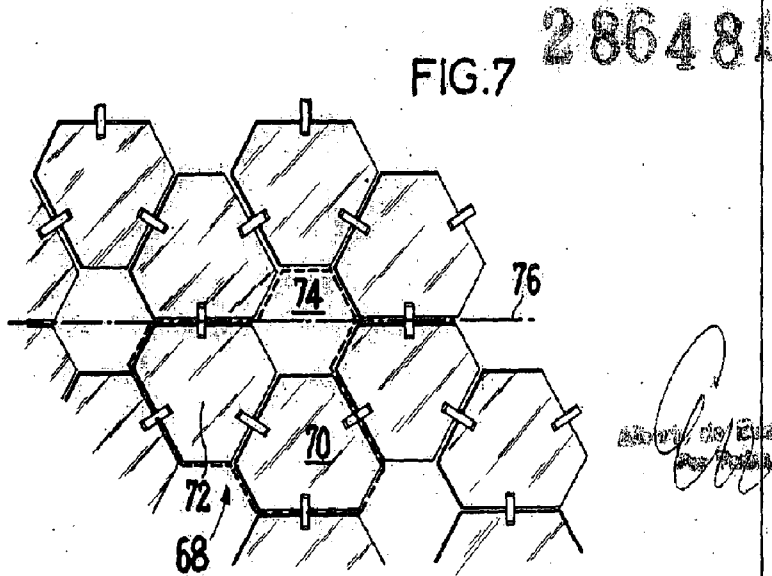


FIG. 7

2 864 81

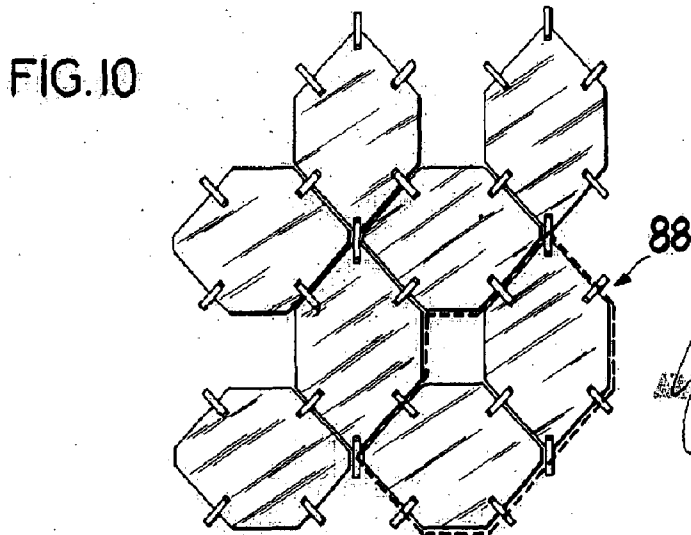
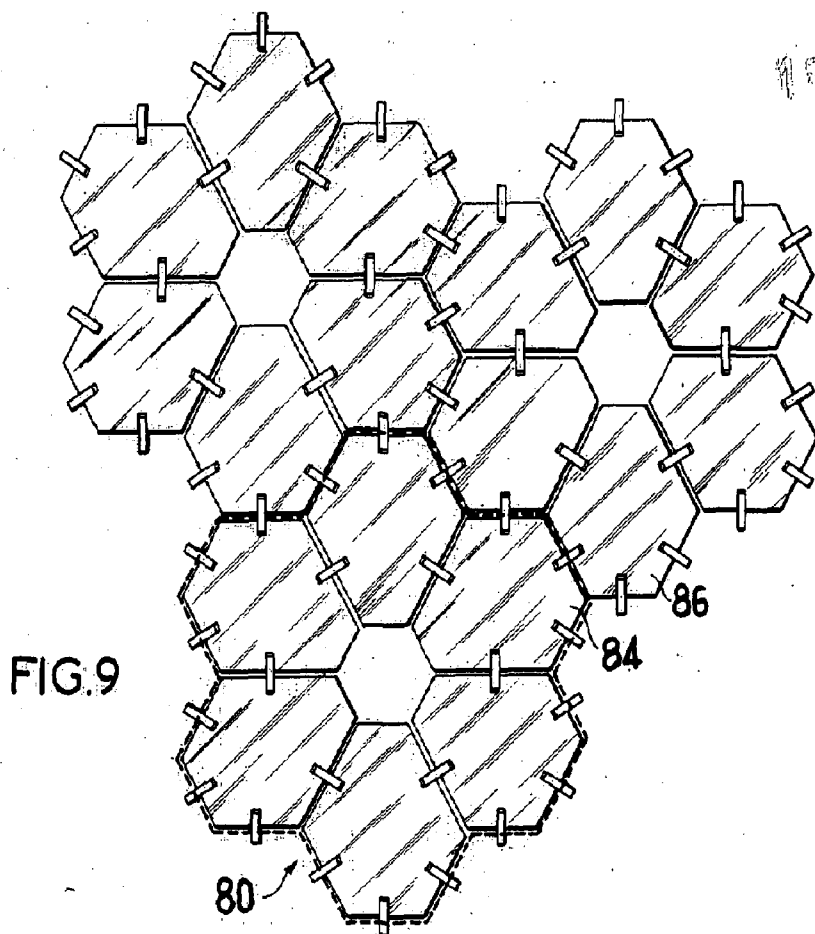
74

76

72

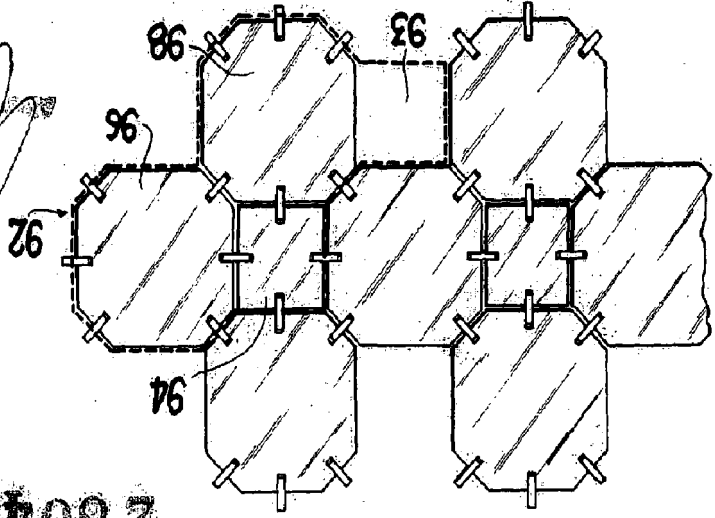
68

Cart.



Albert Einstein

3/27/54



286481

FIG. 12

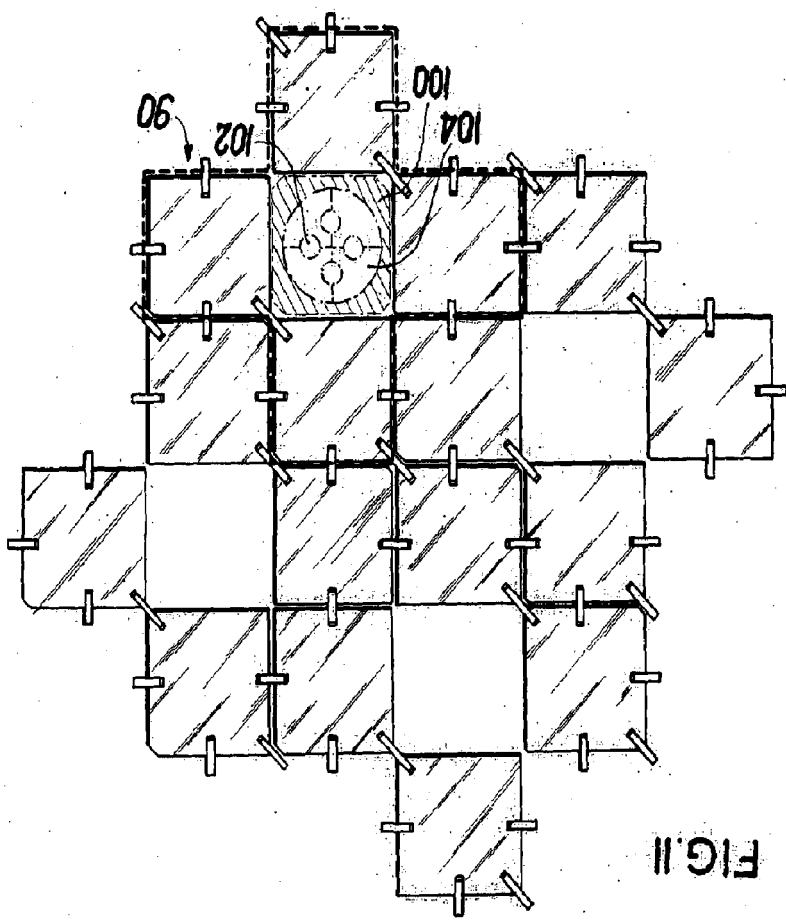


FIG. 11





FIG.13

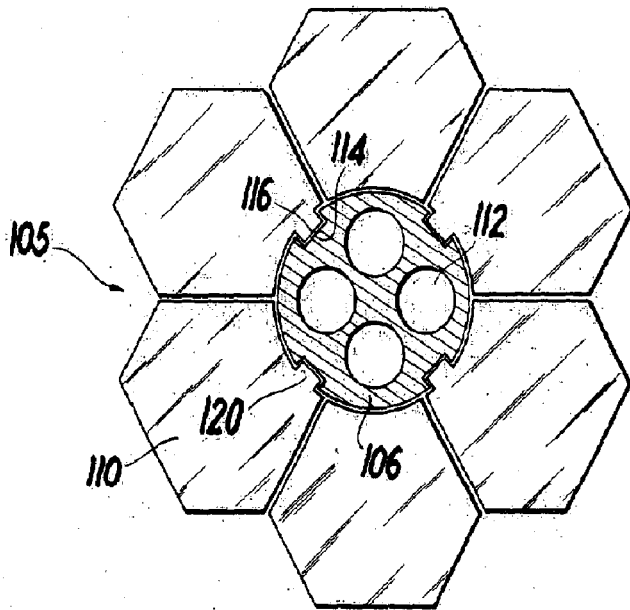
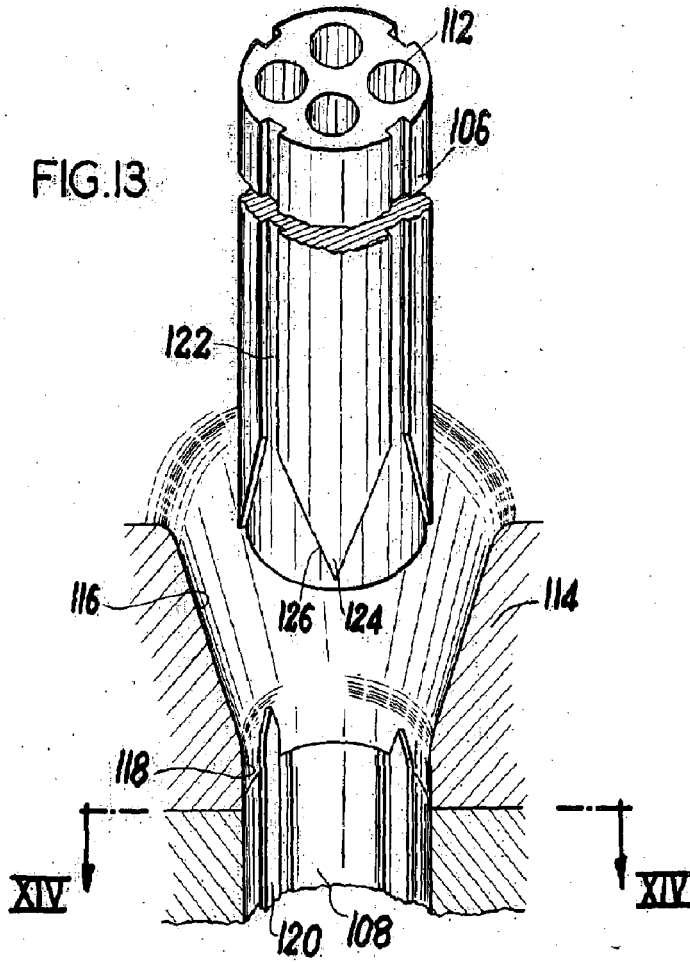


FIG.14

28648

Art

ECALA VARIABLE

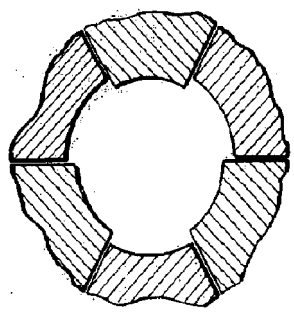


FIG. 15

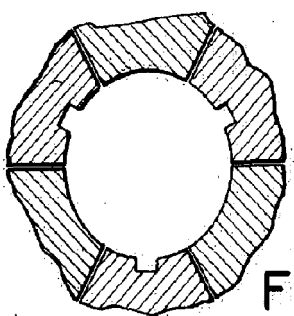


FIG. 16

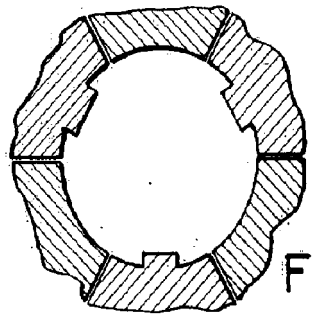


FIG. 17

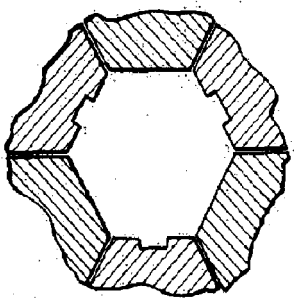


FIG. 19

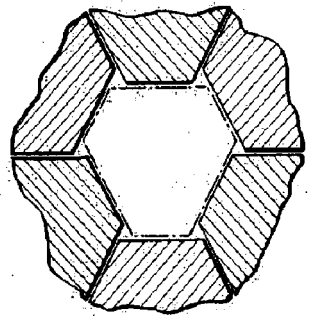


FIG. 18

286481

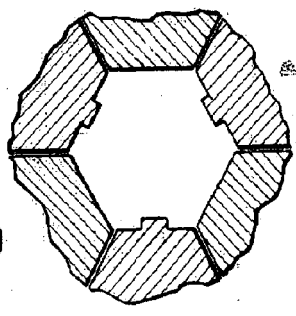


FIG. 20

Handwritten signature or initials.