



330566

MEMORIA DESCRIPTIVA.

PRIMER CERTIFICADO DE ADICION.

PAIS : ESPAÑA.

OBJETO : "MEJORAS INTRODUCIDAS EN EL OBJETO DE
"LA PATENTE PRINCIPAL No. 327.475, por:
"MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA ESTRUCTURA-
"CION DE HACES DE COMBUSTIBLE PARA REAC-
"TORES NUCLEARES".

A nombre de : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

Residente en : SCHENECTADY (New York) 1, River Road.

Nacionalidad : ESTADOUNIDENSE.

(P. 2.552. C.G.)
(Dkt. 24D-831.)



El presente invento se refiere en general a un perfeccionamiento en reactores nucleares de escisión y, más particularmente, a un dispositivo para espaciar elementos combustibles dentro de los conjuntos de combustible

5.- de tales reactores nucleares de escisión.

La liberación de grandes cantidades de energía por reacciones de escisión nuclear es bien conocida en la actualidad. En general, un átomo escindible, tal como U^{233} , U^{235} o Pu^{239} absorbe un neutrón en su núcleo y sufre una

10.- desintegración nuclear. Esto da en promedio dos productos de escisión de menor peso atómico y gran energía cinética y varios neutrones de escisión, también de gran energía. Por ejemplo, la escisión del U^{235} da un producto de escisión ligero y un producto de escisión pesado con números

15.- másicos que fluctúan entre 80 y 110 y entre 125 y 155, respectivamente, y un promedio de 2,5 neutrones. La liberación de energía se aproxima a 200 mev (millones de electrón-voltios) por escisión.

La energía cinética de los productos de escisión se

20.- disipa rápidamente en forma de calor en el combustible nuclear. Si, después de esta generación de calor, queda al menos un neutrón neto que induzca una escisión subsiguiente, la reacción de escisión se mantiene por sí misma y la generación de calor es continua. El calor es evacuado haciendo

25.- pasar un refrigerante en relación de intercambio de calor



con el combustible. La reacción puede continuarse mientras exista suficiente material escindible en el combustible para superar los efectos de los productos de escisión y otros absorbedores de neutrones que también pueda haber presentes.

Con el fin de mantener tales reacciones de escisión a una velocidad suficiente para generar cantidades útiles de energía térmica, en la actualidad se están diseñando, construyendo y haciendo funcionar reactores nucleares en los que el material escindible o combustible nuclear está contenido en elementos de combustible que pueden tener diversas formas, tales como placas, tubos o barras. Estos elementos de combustible están usualmente provistos en sus superficies externas con un revestimiento no reactivo, resistente a la corrosión, que no contiene material escindible ni fértil. Los elementos combustibles están agrupados a distancias fijas entre sí en un canal o región de paso del refrigerante en forma de conjunto de combustible y se combinan suficientes conjuntos de combustible para formar el núcleo del reactor capaz de la reacción de escisión automantenida a que se ha hecho antes referencia. El núcleo está usualmente encerrado dentro de una cuba de reactor.

Uno de los problemas con que se tropieza en el funcionamiento de reactores nucleares se refiere al fallo estructural o combustión de los elementos combustibles. A menudo, es causado porque los dispositivos espaciadores de los elementos combustibles impiden el paso de refrigerante y, por tanto, impiden la adecuada evacuación del calor de ciertas superficies externas del elemento combustible. Por consiguiente, el revestimiento del elemento com-



bustible junto a estas superficies alcanzará temperaturas excesivamente altas lo cual da como resultado que se quem o descomponga el material de revestimiento. A su vez esto puede conducir a la formación de grietas o aberturas en el revestimiento que exponen directamente el combustible y los gases producidos por la escisión, contenidos dentro del elemento combustible, al refrigerante del reactor. Cuando ocurre ésto, no sólo deben ser sustituidos los elementos combustibles, lo que exige la parada del reactor, sino que el refrigerante arrastrará material reactivo y contaminará diversas partes del reactor y del circuito del refrigerante.

Se ha tropezado con dificultades considerables para desarrollar un dispositivo para mantener los elementos combustibles de los conjuntos combustibles en relación espaciada fija, como lo exige la física del sistema, proporcionando todavía medios para la evacuación del calor a una velocidad suficiente para impedir el fallo estructural o que se quemen los elementos combustibles. Los medios típicos para montar mecánicamente elementos combustibles en relación espaciada han incluido dispositivos de sujeción rígidos y conexiones mecánicas con áreas superficiales relativamente grandes. Sin embargo, los dispositivos de este tipo han fallado frecuentemente porque impiden la evacuación del calor desde los elementos combustibles.

Si bien es necesario tener un dispositivo espaciador de los elementos combustibles que supere el citado problema de la evacuación del calor, también es deseable que el dispositivo reduzca al mínimo la "absorción parásita" ya que ésto aumentará la eficacia del reactor nuclear. Ello resul-



ta importante cuando en un solo núcleo del reactor se emplean varios centenares de estos dispositivos. Además, es deseable crear un dispositivo espaciado de elementos combustibles que permita una fácil carga de los elementos combustibles, que tenga una resistencia mecánica suficiente para resistir el ambiente del núcleo del reactor durante el funcionamiento, que no vibre como consecuencia de concentraciones excesivas de esfuerzos en los elementos combustibles ni cause tales concentraciones de esfuerzos y que permita la dilatación y la contracción longitudinales de los elementos combustibles.

En pocas palabras, el presente invento crea un dispositivo espaciador de elementos combustibles que utiliza un muelle de soporte de los elementos combustibles que reduce al mínimo la superficie de contacto con el elemento combustible y que también proporciona una carga suficiente para soportar adecuadamente al elemento combustible durante el funcionamiento del reactor. Además, se disponen conjuntos divisores reticulados abiertos para montar los muelles de soporte de los elementos combustibles, que proporcionan también una fuerza de soporte máxima y una absorción mínima de los neutrones térmicos. Además, la periferia del dispositivo espaciador de los elementos combustibles está configurada para dar una fácil carga de los elementos combustibles y una superficie de contacto mínima con los mismos.

La materia que se considera perteneciente al invento se señala de modo particular y se reivindica claramente en la parte final de esta memoria. Sin embargo, el invento, tanto en cuanto a su organización como a su funcionamiento,



junto con otros objetos y ventajas del mismo, podrá comprenderse mejor haciendo referencia a la descripción siguiente tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

120.- La figura 1 es una vista isométrica, parcialmente en sección, de un conjunto de elementos combustibles que incorpora el dispositivo espaciador del presente invento.

La figura 2 es una vista isométrica de un dispositivo espaciador de elementos combustibles del presente invento.

125.- La figura 3 es una vista en planta desde arriba del dispositivo espaciador de elementos combustibles del presente invento.

La figura 4 es un alzado lateral, parcialmente en sección dada por la línea 4-4 de la figura 3.

130.- La figura 5 es un alzado lateral de un conjunto de divisores del dispositivo espaciador de elementos combustibles tomada por la sección 5-5 de la figura 3.

La figura 5A es una vista de extremidad del conjunto de divisores de la figura 5.

135.- La figura 6 es un alzado lateral del miembro de placa del conjunto de divisores de la figura 5.

La figura 7 es un alzado lateral del miembro de barra del conjunto de divisores de la figura 5.

La figura 8 es un diagrama de fuerzas tridimensional que representa las fuerzas que actúan sobre un elemento combustible y sobre la celda asociada como se ilustra en la figura 3.

140.- La figura 9 es un alzado lateral a escala ampliada de un muelle de soporte de elementos combustibles, de gran curvatura, en estado relajado.

145.-



La figura 9A es un alzado lateral a escala amplia-
da de un muelle de soporte de elementos combustibles, de
gran curvatura, de la figura 9, e ilustra las caracterís-
ticas de deflexión del muelle cuando carga a los elementos
150.- combustibles.

La figura 10 es un alzado lateral a escala ampliada
de un muelle relajado de soporte de elementos combustibles
del presente invento.

La figura 10A es un alzado lateral a escala ampliada
155.- de un muelle de soporte de elementos combustibles de la
figura 10 e ilustra las características de deflexión del
muelle cuando carga a los elementos combustibles.

En la figura 1 se ha ilustrado un conjunto típico de
elementos combustibles que incorpora el dispositivo espa-
ciador de elementos combustibles del presente invento. El
160.- conjunto 10 consiste en general en el canal 12 tubular de
extremos abiertos, los elementos combustibles 14, la placa
inferior de arriostamiento 16, la placa superior de arrios-
tramiento 18 y los dispositivos 20 espaciadores de los ele-
165.- mentos combustibles. El canal tubular 12 tiene sección trans-
versal aproximadamente cuadrada, teniendo el extremo supe-
rior miembro de esquina 22 que soportan el canal después
de que ha sido insertado sobre los elementos combustibles.
Los elementos combustibles 14 están insertados en una plu-
170.- ralidad de dispositivos espaciadores 20, y soportados por
ellos en relación espaciada, cuyos espaciadores descansan
contra la superficie interior del canal tubular 12. Estos
dispositivos espaciadores de elementos combustibles están
separados unos de otros en una distancia predeterminada a
175.- lo largo del haz, por ejemplo, 45 cm., y están conectados



a uno o más de los elementos combustibles para impedir el movimiento longitudinal de los dispositivos espaciadores.

Esta conexión puede lograrse por diversos medios, tales como la unión de dispositivos de bloqueo al elemento combustible a estas mismas distancias predeterminadas. Cada uno de estos dispositivos de bloqueo puede comprender un collarín cuadrado soldado a la superficie exterior del elemento combustible. El collarín cuadrado tiene una abertura concéntrica con un diámetro ligeramente mayor que el del elemento combustible de modo que pueda insertarse sobre él y soldarse en su sitio. Además, las dimensiones exteriores de los collarines cuadrados son ligeramente menores que las dimensiones de las celdas, que luego describiremos, del dispositivo espaciador. Está prevista una garganta que se extiende en torno de la periferia del collarín cuadrado para recibir los alambres retenedores del dispositivo espaciador. Después de que el elemento combustible ha sido insertado en las celdas alineadas de los espaciadores separados y de que las gargantas de los collarines están alineadas con los alambres retenedores apropiados, el elemento combustible es girado en unos 45° de tal modo que las gargantas cogen a los alambres retenedores de los espaciadores. Es importante también observar que el dispositivo de bloqueo no debe crear bolsas de vapor que podrían causar puntos calientes indeseables en el elemento combustible y que debe ofrecer la mayor resistencia posible al paso o circulación del refrigerante en el canal. Este dispositivo de bloqueo no se muestra en los dibujos porque no forma parte del presente invento.



- Cada elemento combustible 14 comprende un tubo alargado que contiene un material combustible escindible, tal como el uranio. El material combustible tiene, típicamente, la forma de gránulos colocados extremo contra extremo en el tubo; sin embargo, puede estar en forma de polvo o de partículas. Cada extremo del tubo es cerrado para impedir que el refrigerante toque el combustible y que los productos gaseosos de la escisión escapen del elemento combustible.
- 210.-
- 215.- Los extremos interiores de los elementos combustibles están soportados por la placa de arriostramiento inferior 16 y coinciden con cavidades de soporte 28 que están formadas en parte a través de la placa de arriostramiento. Las aberturas 24 están situadas junto a las cavidades 23 y comunican directamente con la abertura inferior 26. El extremo superior de la placa de arriostramiento tiene sección transversal cuadrada para recibir el extremo inferior del canal tubular 12. El extremo inferior de la placa de arriostramiento está estrechado y soportado por la estructura interior del reactor. Cuando el conjunto combustible está montado en el reactor, la abertura inferior 26 comunica con una cámara de alimentación que contiene una fuente de refrigerante tal como agua. Diversas cavidades de soporte, tales como las cavidades de esquina denotadas por el número de referencia 30, están roscadas y reciben elementos de combustible que tienen extremos roscados.
- 220.-
- 225.-
- 230.-
- 235.- La placa superior de arriostramiento 18 está asegurada a estos mismos elementos combustibles roscados por medio de tornillos tal como el denotado por número de referencia 32, que coinciden con sus prolongaciones superiores te-

25 AGO 1966
10 115
REPUBLICA ARGENTINA
SECRETARÍA DE ENERGÍA
DISEÑO DE

- rrajadas. Están previstas aberturas 34 en la placa superior de arriostramiento 18 para poner en comunicación el interior del conjunto combustible con la cámara de descarga del reactor. Las cavidades 36 de soporte de los elementos combustibles están formadas en parte a través de la placa de arriostramiento superior y se abren en su superficie interior. Estas cavidades reciben los extremos superiores de los elementos combustibles y tienen profundidad suficiente para permitir su dilatación longitudinal. Unos muelles de compresión 38 están previstos para mantener una carga que es determinada por el par aplicado a las tuercas 32, entre la placa superior de arriostramiento 18 y el escalón superior de los elementos combustibles 14. El canal tubular 12 es mantenido en su sitio por tornillos 40, que están insertados a través de aberturas hechas en los miembros de esquina 22, que coinciden con la prolongación roscada 42 de la placa de arriostramiento superior 18. La placa superior de arriostramiento 18 está también provista de una empuñadura 44 que se emplea para subir y bajar el conjunto combustible 10 en el núcleo del reactor.

- Aún cuando el conjunto combustible descrito puede usarse en diversos tipos de reactores nucleares, es particularmente adecuado para usarlo con reactores nucleares del tipo de refrigerante-moderador hirviente. Durante el funcionamiento de un reactor típico de agua hirviente en el cual puede emplearse el conjunto combustible, el refrigerante contenido en la cámara de alimentación del reactor pasa por la abertura inferior 26, por las aberturas 24 y sube dentro del canal 12 donde rodea a los elementos combustibles 14 y circula longitudinalmente a lo largo de la superficie exte-



- rior de los mismos. A medida que el refrigerante sube, retira calor de los elementos combustibles aumentando, por tanto, su temperatura y convirtiéndose finalmente en vapor húmedo con una calidad, por ejemplo, del 10%. Este
- 270.- vapor húmedo pasa entonces por las aberturas 34 de la placa de arriostamiento superior 18 y entra en una cámara de descarga dentro del reactor. La cámara de descarga recibe el vapor de una pluralidad de conjuntos de combustible que componen el núcleo del reactor. El vapor húmedo
- 275.- procedente de la cámara de descarga es luego secado y pasado a un dispositivo de consumo del vapor, tal como una turbina. El vapor condensado procedente del dispositivo consumidor puede devolverse luego a la cámara de alimentación antes mencionada.
- 280.- Con referencia ahora a las figuras 2 y 3, los elementos básicos del dispositivo espaciador 20 de elementos combustibles comprenden la banda periférica de soporte 50, los conjuntos divisores 52, los muelles 54 de soporte de los elementos combustibles (que se considerarán como parte de
- 285.- los conjuntos divisores 52) y los alambres retenedores 56. La banda periférica de soporte 50 soporta rígidamente los extremos de los conjuntos divisores 52 y los extremos de los alambres retenedores 56.
- 290.- Se prevén dos juegos de conjuntos divisores 52, consistiendo cada uno en tres conjuntos divisores equiespaciados y sustancialmente paralelos. Los conjuntos divisores de estos dos juegos son perpendiculares entre sí y se traban mutuamente en sus posiciones de intersección para formar una estructura a modo de "caja para huevos". La
- 295.- banda periférica de soporte 50 y los conjuntos divisores



52 forman cuatro cubículos centrales 60, ocho cubículos laterales 62 y cuatro cubículos de esquina 64.

300.- Se prevén cuatro grupos de alambre retenedores 56, en el que cada grupo consiste en cinco alambres retenedores equiespaciados y sustancialmente paralelos. Dos grupos están situados debajo de los conjuntos divisores y los alambres retenedores de cada grupo son perpendiculares entre sí. Los otros dos grupos están situados encima de los conjuntos divisores y los alambres retenedores de cada grupo son perpendiculares entre sí. Juntos, estos alambres retenedores forman cuatro celdas en cada uno de los cubículos centrales 60, dos celdas en los cubículos laterales 62 y una celda en los cubículos de esquina 64. Por consiguiente, hay un total de 36 celdas en las que un solo elemento de combustible ocupa una sola celda.

310.- Cada conjunto divisor 52 soporta seis muelles 54 de sostén de los elementos combustibles, que están espaciados en distancias predeterminadas tales que cada elemento combustible esté soportado por dos muelles 54 dentro de cada celda. Debe recalarse que cada conjunto divisor tiene una configuración estructural con bajas características de absorción parásita, lo cual resulta posible disponiendo una retícula abierta formada por una pluralidad de aberturas 58.

320.- Los alambres retenedores 56 funcionan para soportar firmemente cada elemento combustible en posiciones opuestas a los muelles 54 salvo en las celdas de los cubículos de esquina y laterales en que la banda periférica de soporte 50 proporciona soporte de la manera que luego describiremos. Los alambres retenedores tienen secciones extre-



mas rectas 66 que están soldadas a la banda de soporte
50. Para proporcionar soporte adicional, los alambres re-
tenedores pueden soldarse también en sus puntos de inter-
sección. Entre los extremos de cada alambre retenedor es-
330.- tán previstas varias secciones 68 que se curvan hacia afue-
ra, secciones rectas de interconexión 70 y secciones 72
que se curvan hacia dentro, que están situadas frente a
los muelles de soporte para soportar los elementos combus-
tibles en la forma que luego describiremos. Los alambres
335.- retenedores que están alineados longitudinalmente con los
conjuntos divisores no están en contacto con los elementos
combustibles y, por tanto, podrían ser alambres rectos o
incluso podrían eliminarse. Sin embargo, se hacen con la
misma configuración que los otros alambres retenedores para
340.- dar soporte para los elementos combustibles en el caso de
que haya un rápido movimiento lateral de los elementos com-
bustibles, lo que podría ocurrir cuando se presenta un es-
tado transitorio severo o cuando hay un fallo en uno^o más
de los muelles de soporte 54.

345.- Como se muestra mejor en las figuras 3 y 4, la banda
periférica de soporte 50 comprende cuatro secciones idénti-
cas 75 interconectadas por bandas curvas 76 formando así
una configuración en general cuadrada. Los extremos de
cinco alambres retenedores se insertan en agujeros superio-
350.- res 77 de dos secciones opuestas 75. Los extremos de los
otros cinco alambres retenedores se insertan en agujeros
superiores 77 de las dos secciones opuestas restantes 75.
Estos dos grupos de cinco alambres retenedores sustancial-
mente paralelos están dispuestos en ángulo recto entre sí
355.- y forman un plano sustancialmente común. Los alambres rete-



nedores insertados en los agujeros inferiores 78 quedan situados directamente por debajo de los alambres retenedores insertados en los agujeros superiores 77. Forman también un plano sustancialmente común pero están girados en 180° con respecto a los alambres retenedores insertados en los agujeros 77. Por tanto, los elementos combustibles 14', situados en los cubículos centrales 60 están soportados en cuatro puntos, a, b, c y d por dos secciones 68 que se curvan hacia fuera (puntos a y c) de los alambres retenedores superiores y por las dos secciones 72 que se curvan hacia dentro (puntos b y d) de los alambres retenedores inferiores. El elemento combustible 14' está también soportado en los puntos E y F por los muelles 54 que están situados en posiciones a 90° unos con respecto a otros. La importancia de estas posiciones de los soportes y el tipo de muelles empleados serán descritos luego con relación a las figuras 8 a 10A.

Los elementos combustibles situados en los cubículos de esquina 64 del dispositivo espaciador 20 de elementos combustibles están soportados cada uno por dos muelles y por dos muescas 80 formadas en las bandas curvas 76 de la banda periférica de soporte 50. Estas muescas están situadas frente a los puntos de contacto de los muelles 54 y pueden tener una superficie de forma esférica de tal modo que sólo haya contacto puntual con la superficie exterior de los elementos combustibles. De este modo, habrá una adecuada circulación de refrigerante junto a estos puntos de contacto, que impedirá la formación de puntos calientes en los elementos combustibles.

Los elementos combustibles situados en los cubículos



- laterales 62 del dispositivo espaciador están soportados cada uno por dos muelles 54, un grupo de alambres retenedores superior y otro inferior 56 y dos regiones de contacto 84 formadas en la banda de soporte periférica 50.
- 390.- Los grupos de alambres retenedores superiores e inferiores 56 están situados frente a un muelle y operan del mismo modo que se ha descrito antes con respecto al muelle y al grupo asociado de alambres retenedores de los cubículos centrales. Las dos regiones de contacto 84 están situadas
- 395.- frente al otro muelle en que la región de contacto superior está aproximadamente en el mismo plano formado por los alambres retenedores superiores y la región de contacto inferior está aproximadamente en el mismo plano formado por los alambres retenedores inferiores. La manera en la
- 400.- cual se forman las regiones de contacto 84 será descrita a continuación; sin embargo, deberá observarse que estas regiones de contacto solo tienen líneas de contacto cortas con los elementos combustibles que impiden la formación de puntos calientes.
- 405.- Por las figuras 3 y 4 puede verse que cada una de las cuatro secciones 75 de la banda periférica de soporte 50 incluye dos lóbulos exteriores 86 y dos lóbulos interiores 88. Se observará particularmente que cada uno de los lóbulos exteriores 86 tiene una altura H que es mayor
- 410.- que la altura H' de los lóbulos interiores 88. Son posibles realizaciones alternativas. Por ejemplo, si todos los lóbulos se hicieran con la misma altura, entonces todos los lóbulos estarían en contacto con la superficie del plano interior del canal 12 cuando se intercala en él el dispositivo espaciador 20 de los elementos combustibles. Para
- 415.-



asegurar el contacto con los cuatro lóbulos, sería necesario atenerse a tolerancias muy severas para las alturas de cada lóbulo. Como esto es difícil y costoso de lograr, los lóbulos interiores se forman con menor altura que los

420.- lóbulos exteriores. Por tanto, resultan innecesarias tolerancias estrictas y los lóbulos exteriores 86 son los únicos lóbulos que están en contacto con la superficie interior del canal 12. Podría, por tanto, parecer que no es preciso formar los lóbulos interiores 88 pero, sin embargo, esto

425.- no es cierto ya que el área plana de la cual se forman constituiría de otro modo una larga región de contacto con el elemento combustible. Esto es indeseable ya que se impediría una circulación adecuada del refrigerante para tocar la parte de aguas abajo de esta región de contacto, con la formación resultante de indeseables puntos calientes. Se observarían también que, en lugar de formar los lóbulos 88, el material de que estos lóbulos están hechos podría quitarse, dejando así aberturas que no constituirían regiones de contacto con el combustible. Sin embargo, se ha visto que esta disposición es indeseable puesto que se forman bolsas de vapor en las regiones inferiores de estas aberturas que impiden la disipación del calor, dando por ello como resultado que se quemase la banda periférica de soporte. Los bordes periféricos de los lóbulos 86 y 88 están curvados e inclinados para impedir la formación de bolsas de vapor.

430.-

435.-

440.-

A lo largo del borde superior de la banda periférica de soporte 50 e inmediatamente encima de cada uno de los lóbulos 86 y 88 están formadas muescas 90 como se ilustra mejor en las figuras 3 y 4. Estas muescas cumplen dos funciones básicas. La primera es proporcionar una superficie

445.-



lisa mediante la cual los elementos combustibles pueden insertarse en los cubículos laterales 62 sin rayar ni estropear sus superficies externas con el borde superior afilado de la banda 50. La segunda es formar los límites exteriores (puntos m) de las regiones de contacto 84. Los límites interiores (puntos n) de las regiones de contacto 84 son establecidos por los bordes exteriores de los lóbulos 86 y 88.

En las figuras 5 y 5A se ilustra el conjunto divisor 52 que consiste en general en el miembro de placa 96, el miembro de barra 98 y los muelles 54 de soporte de elementos combustibles, cuyos detalles se ilustran mejor en las figuras 6, 7 y 10, respectivamente. Las misiones de los conjuntos divisores 52 son varias e incluyen la subdivisión del dispositivo de soporte 20 en varios cubículos, proporcionar rigidez estructural al dispositivo de soporte y soportar los muelles 54 de los elementos combustibles en sus posiciones adecuadas.

Con referencia a las figuras 5 y 6, puede verse que el miembro de placa 96 se extiende longitudinalmente, está formado de una pieza e incluye tres prolongaciones laterales 100 con ranuras 102. Las ranuras 102 tienen una anchura y que es ligeramente mayor que el grueso del material de que está hecha la placa 96 y una longitud g que es mayor que la mitad de la anchura t del miembro de placa. La longitud g se hace mayor que la mitad de la anchura t en una magnitud suficiente para acomodar la acumulación de tolerancias y facilitar el montaje.

Las muescas 104 están formadas a lo largo de la superficie superior del miembro de placa 96 y sirven para recibir



480.- muelles 54 cuando se montan de la forma ilustrada en la figura 5. Las prolongaciones 106 están formadas en los extremos exteriores del miembro de placa 96 y están insertadas en ranuras superiores 108 de la banda periférica de soporte 50 como se muestra mejor en la figura 4. La altura de las prolongaciones 106 se elige para que sobresalgan ligeramente más allá de la superficie exterior de la sección 75 de la banda 50 para facilitar la conexión a ella por soldadura o similar. Se prevén unos chaflanes 110 para facilitar el montaje y eliminar los cantos vivos.

485.- Con referencia ahora a las figuras 5 y 7, el miembro de barra 98 es un miembro que se extiende longitudinalmente y que tiene una pluralidad de muescas 112 formadas a lo largo de su borde inferior y prolongaciones 114 formadas en cada uno de sus extremos. Las muescas 112 se usan para retener los muelles 54 y están espaciadas en intervalos que corresponden con las muescas 104 del miembro de placa 96. Las prolongaciones 114 tienen una altura mayor que el grueso de la sección 75 de la banda 50 y están insertadas en ranuras inferiores 115 y soldadas en su sitio. Como en el caso del miembro de placa 96, están formados los chaflanes 116 para facilitar el montaje y eliminar los cantos vivos.

490.- El montaje del conjunto de divisores 52 se consigue disponiendo primero los muelles en las muescas 104 del miembro de placa 96 e insertando luego el miembro de barra 98 a través de estos muelles y en la posición ilustrada en la figura 5. El miembro de placa 96 y el miembro de barra 98 son conectados luego por soldadura por puntos por ejemplo, en las posiciones indicadas por los números de referencia 118.

495.- La única misión de las soldaduras por puntos es retener las

500.-

505.-



diversas partes del conjunto de divisores 52 en posiciones relativas fijas mientras son manipulados luego durante el montaje del dispositivo espaciador 20. No es necesario confiar en las soldaduras por puntos para obtener rigidez estructural porque los conjuntos divisores, cuando están montados en el dispositivo espaciador 20, se soportan por sí mismos como luego veremos. Por las figuras 5 y 5A puede verse que los muelles 54 están soportados en muescas 104 y 112 tales que la distancia u , que representa la distancia entre las superficies interiores de las muescas, sea menor que la distancia v , que representa el largo interior de los muelles cuando están en estado relajado. Se prevé esta tolerancia para asegurarse que los muelles no se atascan contra las superficies interiores de las muescas, lo que puede causar indeseables concentraciones de esfuerzo.

Los conjuntos divisores 52 se soportan por sí mismos cuando están montados juntos en el dispositivo espaciador de elementos combustibles como se muestra en las figuras 2 y 3. Los conjuntos divisores que se extienden de izquierda a derecha, mirando en las figuras 2 y 3, tienen sus ranuras 102 extendiéndose hacia arriba. A la inversa, el conjunto de divisores que se extienden desde arriba hacia abajo tienen sus ranuras extendiéndose hacia abajo. Las ranuras 102 están situadas en las posiciones de cruce y, por tanto, cuando el conjunto se monta, cada ranura recibe la sección maciza de la prolongación lateral 100 y la sección adyacente del miembro de barra 98. De esta manera, se consiguen interconexiones autoportantes entre los conjuntos divisores sin confiar en la soldadura u otros mecanismos de



conexión para aumentar la resistencia.

Debe señalarse particularmente que el miembro de placa 96 y el miembro de barra 98 forman juntos una estructura reticular que tiene una pluralidad de aberturas 58 formadas entre prolongaciones laterales adyacentes 100. Como antes se ha dicho, estas aberturas son muy importantes por cuanto que su disposición reduce las características de absorción parásita del dispositivo espaciador 20 de elementos de combustible lo que mejora la eficacia del reactor nuclear en el que se usan.

Otra característica importante del presente invento es la configuración única de los muelles 54 de soporte de los elementos combustibles. Para comprender mejor la importancia de esta característica se hace referencia a la figura 8 que es una representación tridimensional que ilustra las diversas fuerzas y puntos de contacto entre el elemento de combustible 14' y los alambres retenedores superiores 56 (puntos a y c), los alambres retenedores inferiores 56 (puntos b y d) y los muelles 54 (puntos e y f) como se ilustra en la figura 3.

Como principio, debe observarse que el punto e está frente al punto g, siendo este último un punto situado a mitad de distancia a lo largo de la diagonal que interconecta los puntos a y b. Por consiguiente, la fuerza que se ejerce por el muelle 54 contra el punto e del elemento combustible 14' será transmitida por el elemento combustible en una dirección que pasa por el punto g como se indica por el vector de fuerza de doble línea de trazos de la figura 8. Las fuerzas de reacción ejercidas por los alambres retenedores 56 en los puntos a y b contra el elemento de combustible 14'



- quedan ilustradas por los vectores de fuerza de línea doble de trazos y son cada una de ellas opuestas en dirección y de la mitad de la fuerza ejercida a través del punto e. De igual manera, el punto f está frente al punto h
- 570.- que es un punto situado a mitad de distancia a lo largo de la diagonal que interconecta los puntos c y d. Por consiguiente, las fuerzas de reacción ejercidas por los alambres retenedores 56, en los puntos c y d, como se ilustra por los vectores de fuerza de doble línea llena, están cada
- 575.- una opuesta en dirección a la otra y va en la mitad de la fuerza ejercida por el punto f como se representa por el vector de fuerza de doble línea llena. Por consiguiente, puede verse que el diseño de cada alambre retenedor puede ser idéntico ya que cada alambre es cargado por las mismas
- 580.- fuerzas.
- Es importante mantener este equilibrio simétrico de las fuerzas porque fuerzas reactivas desiguales en los puntos a y b, por ejemplo, pueden dar como resultado un fallo mecánico prematuro de los elementos de combustible.
- 585.- Es decir, con una carga asimétrica, uno de los puntos de contacto de los alambres retenedores será menos cargado lo cual puede hacer que el punto de contacto del alambre retenedor se ponga a vibrar y desgaste el elemento combustible. El otro punto de contacto estará más cargado, lo cual
- 590.- puede dar como resultado una excesiva concentración de esfuerzos en el elemento combustible. Esto es importante incluso aunque las magnitudes y diferencias de las fuerzas de reacción desiguales sean relativamente pequeñas, especialmente porque los alambres retenedores y los elementos
- 595.- de combustible quedan expuestos a muchos millones de vi-



braciones durante el funcionamiento típico de un reactor.

- 600.- Por ejemplo, existirá una condición asimétrica cuando la fuerza ejercida por el muelle 54 no pase por el punto e y en cambio pase por el punto e'. Se ha visto que el empleo de muelles de gran curvatura como el ilustrado en la figura 9 dá como resultado un contacto espacial o lineal considerable longitudinalmente a lo largo de la superficie del elemento combustible, como se ha ilustrado por las partes entre llaves A y B de la figura 9A. Esto, con frecuencia, dá
- 605.- como resultado una distribución asimétrica de las fuerzas en la que la fuerza ejercida por el muelle de gran curvatura contra el elemento combustible 14' pasa por el punto e' y es transmitida por el punto g' como se indica por el vector de fuerza de línea llena única que interconecta estos dos puntos.
- 610.- Esto da como resultado fuerzas de reacción desiguales en los puntos a y b como se indica por los vectores de fuerza de línea llena única i y k. El desplazamiento del punto e' y la diferencia entre los vectores de fuerza i y k se han exagerado con fines ilustrativos.
- 615.- Otra dificultad con que se tropieza con un muelle de gran curvatura es que una línea de contacto de longitud importante entre el elemento combustible y el muelle restringe la circulación de fluido refrigerante junto a la parte de aguas abajo de la línea de contacto. Como el calor generado
- 620.- por el elemento combustible no se disipará adecuadamente en esta zona se producirán puntos calientes indeseables y un fallo correspondiente de revestimiento del elemento combustible.
- 625.- Como se muestra mejor en las figuras 10 y 10A, el muelle 54 de soporte del elemento combustible del presente in-



- vento está hecho de material de fleje elástico y tiene un radio de curvatura R muy pequeño en la región de contacto con el elemento combustible lo que elimina sustancialmente los citados problemas con que se tropieza con muelles de gran curvatura. Es decir, cuando los muelles 54 cargan contra los elementos combustibles 14 se presentan líneas de contacto relativamente cortas entre los elementos combustibles y los muelles como se indica por las porciones entre llaves A-A y B-B de la figura 10A. Con estas cortas líneas de contacto se obtienen dos perfeccionamientos básicos. Primero, la distribución de las fuerzas sobre los alambres retenedores es simétrica ya que los vectores de fuerza pasan por los puntos e y f de las figuras 3 y 8 o muy cerca de ellos. Segundo, y quizás es lo más importante, las cortas longitudes de contacto entre los elementos combustibles y los muelles permiten la adecuada circulación de fluido de enfriamiento junto a estas regiones, lo que da como resultado la disipación del calor e impide la formación de puntos calientes.
- Otra característica del anillo 54 de soporte de los elementos es la creación de un radio de curvatura R muy pequeño en la parte alta y en la parte baja del muelle. Esta pequeña curvatura reduce al mínimo el ángulo alfa y, por tanto, reduce al mínimo la longitud de las líneas de contacto A-A y B-B cuando el muelle es desviado por los elementos combustibles. Es decir, si el radio de curvatura R fuera mayor, entonces el ángulo alfa disminuiría y la cara del muelle junto al elemento combustible se aplanaría. Por tanto, la superficie de contacto aumentaría cuando el muelle es desviado por los elementos combustibles.



660.- Cuando el muelle 54 es desviado por los elementos combustibles tiene una anchura W^1 (véase la figura 10A) que debe ser mayor que la anchura A (véase figura 3) de los alambres retenedores 56 en una magnitud que impida que los elementos combustibles sean soportados por los alambres retenedores durante el funcionamiento normal. Además, las cantidades de fuerza y de desviación $W-W^1$ del muelle 54 cuando carga a los elementos combustibles se eligen con mucho cuidado. Como se ha dicho antes, la fuerza debe ser suficiente para impedir la vibración del alambre retenedor contra el elemento combustible pero no tan grande que provoque grandes esfuerzos locales en el revestimiento del elemento inmediatamente debajo del punto de contacto del alambre retenedor. Además, la desviación del muelle debe mantenerse suficientemente pequeña para mantener las longitudes de contacto A-A y B-B menores que un valor predeterminado con el fin de asegurar la debida circulación del refrigerante en las regiones de contacto e impedir así que se quemem los elementos combustibles.

675.- La tabla siguiente expone las características de diseño de un muelle típico que cumple estos objetivos:

| | | |
|-------|---|---------------|
| | Longitud (LL) | 28,57 mm. |
| | Anchura (W) | 6,10 mm. |
| | Radio (R) | 0,79 mm. |
| 680.- | Radio (r) | 0,38 mm. |
| | Espesor (t) | 0,25 mm. |
| | Distancia a través de la hoja del muelle (W^2 , figura 3) | 4,77 mm. |
| 685.- | Fuerza ejercida por el muelle contra los elementos combustibles | 1,63-2,26 kg. |
| | Deflexión ($W-W^1$) | 1,52-3,04 |
| | Material | Inconel |



El material de que están hechos los elementos es-
690.- estructurales del dispositivo espaciador 20 de los elemen-
tos combustibles debe ser resistente a la corrosión, tener
una pequeña sección transversal de absorción de neutrones
términos y poseer cualidades estructurales adecuadas. Se
ha visto que el Zircaloy, que es una aleación de circonio,
695.- es muy adecuado para este fin. Sin embargo, a causa del
coste relativamente elevado del Zircaloy, puede ser nece-
sario reemplazarlo por un material tal como el acero ino-
xidable.

Por consiguiente, en los casos en que el coste sea
700.- un factor importante, el presente invento ha resultado es-
pecialmente ventajoso puesto que la estructura reticular
abierta de los conjuntos divisores hace posible emplear
acero inoxidable y conseguir todavía un factor relativamen-
te bajo de absorción de neutrones. Así mismo, la singular
705.- disposición estructural de interconexión de los conjuntos
divisores, montaje de los resortes y formación de las aber-
turas, hace posible emplear la cantidad mínima de acero ino-
xidable lo que también reduce al mínimo la absorción de
los neutrones.

710.- Los expertos apreciarán que el dispositivo espaciador
del presente invento puede ser modificado o alterado para
acomodarse a necesidades particulares. Por ejemplo, puede
ser deseable disponer un dispositivo espaciador para sopor-
tar un número mayor o menor de elementos combustibles. Para
715.- soportar elementos combustibles adicionales por ejemplo,
sería necesario disponer muelles adicionales y similares y
modificar los diversos elementos estructurales de forma que
se acomodaran a estos cambios. También, pueden cambiarse



720.- las formas y dimensiones para acomodarlas a necesidades particulares.

Ha de entenderse que la dimensión específica del muelle de soporte arriba descrito puede modificarse en la medida en que realice todavía sus funciones antes descritas. Por ejemplo, las citadas características de los muelles de

725.- soporte de los elementos combustibles fueron indicadas para un muelle que soportaba elementos combustibles a intervalos de unos 45 cm., en que el diámetro del elemento combustible tenía aproximadamente 14 mm. y un peso de aproximadamente 15 gramos por centímetro. Los elementos combustibles

730.- que tengan características diferentes pueden requerir muelles con diferentes materiales, longitudes, anchuras y espesores.

Se ha descrito una realización particular de este invento y se comprenderá que por parte de los expertos y sin apartarse del espíritu y alcance de este invento, tal como

735.- se expone en las siguientes reivindicaciones, pueden hacerse otras modificaciones y adaptaciones de las mismas.

N O T A.-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de este Primer Certificado de Adición en España, son los siguientes:

740.-

1º.- Mejoras introducidas en el objeto de la Patente Principal Nº. 327.475, por: "Mejoras introducidas en la estructuración de haces de combustible para reactores nucleares", que comprenden una disposición de conjunto de combustible que incluye al menos un dispositivo espaciador de los

745.- elementos de combustible que soporta una pluralidad de ele-



- mentos de combustible en relación espaciada, caracterizadas porque el dispositivo espaciador de los elementos de combustible comprende una banda de soporte periférica, una pluralidad de conjuntos divisores espaciados conectados a dicha banda de soporte periférica, teniendo cada uno de dichos conjuntos divisores al menos un muelle para soportar por lo menos un elemento combustible, teniendo dicho muelle secciones aproximadamente planas primera y segunda interconectadas por una sección curva que tiene pequeño radio de curvatura, estando dicha sección curva de dicho muelle en contacto con la superficie exterior de un elemento de combustible.
- 750.-
- 755.-
- 760.- 2º.- Mejoras según el punto 1º, caracterizadas por un primer grupo de conjuntos divisores espaciados, aproximadamente paralelos, que se extienden longitudinalmente, conectados a dicha banda de soporte periférica, un segundo grupo de conjuntos divisores espaciados aproximadamente paralelos que se extienden longitudinalmente, conectados a dicha banda de soporte periférica, siendo dicho primer grupo de conjuntos divisores aproximadamente perpendicular a dicho segundo grupo de conjuntos divisores formando de este modo una pluralidad de cubículos entre ellos, primero, segundo, tercer y cuarto grupos de alambres de retención que se extienden longitudinalmente conectados a dicha banda de soporte periférica, estando situados dichos grupos primero y segundo de alambres de retención, respectivamente, por encima y por debajo y aproximadamente paralelos al primer grupo de conjuntos divisores, estando dichos grupos tercero y cuarto de alambres de retención respectivamente situados por encima y por debajo y aproximadamente paralelos al segundo grupo
- 765.-
- 770.-
- 775.-



de conjuntos divisores, teniendo cada uno de dichos conjuntos de divisores al menos un muelle para soportar por lo menos un elemento de combustible en dichos cubículos, teniendo cada uno de los muelles secciones aproximadamente planas primera y segunda interconectadas por una sección curva que tiene un pequeño radio de curvatura, estando dicha sección curva de cada uno de dichos muelles en contacto con la superficie exterior de un elemento de combustible.

3ª.- Mejoras según el punto 2ª, caracterizadas porque cada uno de dichos conjuntos de divisores incluye una pluralidad de entalladuras para soportar una pluralidad de muelles y porque cada uno de dichos conjuntos divisores incluye una pluralidad de aberturas para transmitir neutrones cuando está montado en el núcleo de un reactor nuclear.

4ª.- "MEJORAS INTRODUCIDAS EN EL OBJETO DE LA PATENTE PRINCIPAL Nº. 327.475, por: "MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA ESTRUCTURACION DE HACES DE COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES", todo tal y conforme se describe en la presente memoria, la cual consta de 797 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, 25 AGO. 1966

ESCALA VARIABLE.

2

6

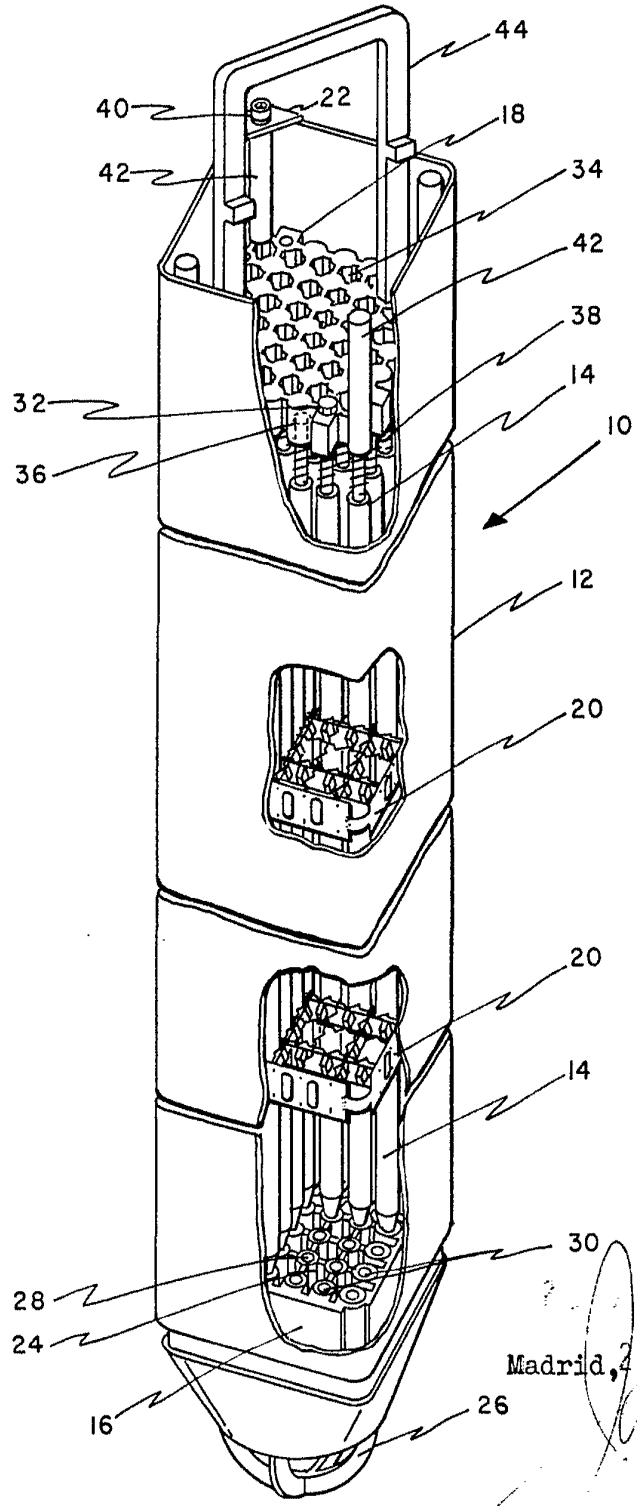


Fig. 1.

Madrid, 25 Oct. 1966

ESCALA VARIABLE.

2'

6

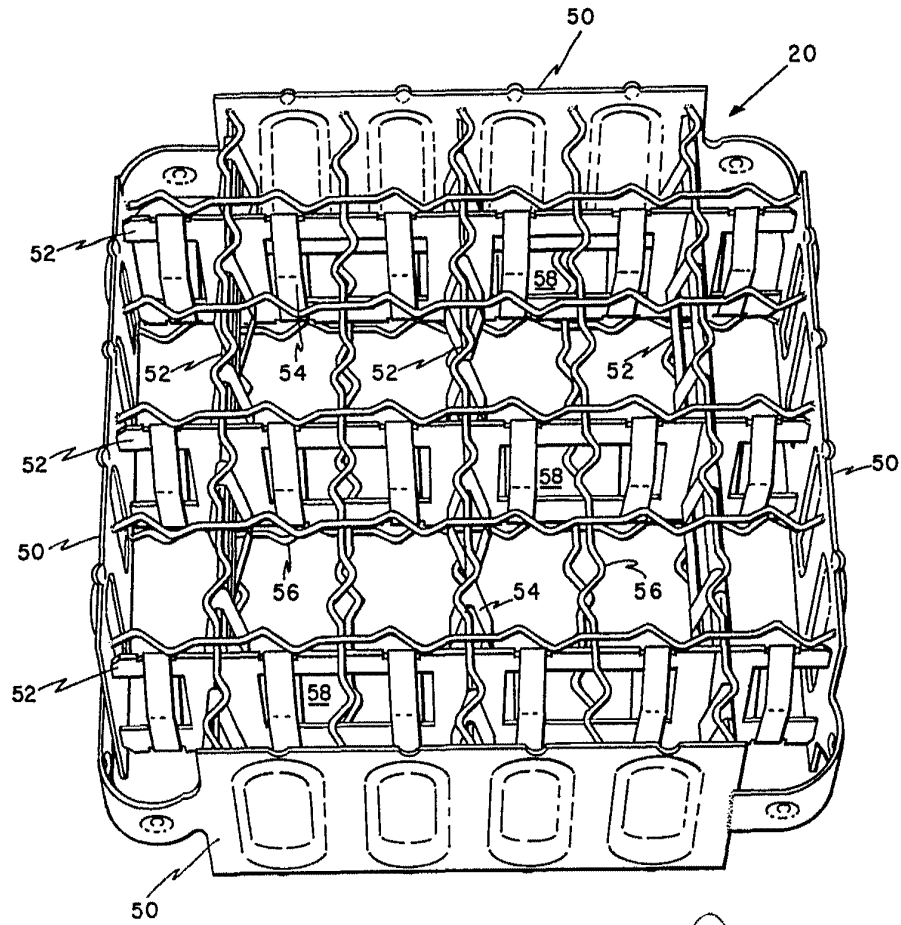


Fig. 2.

Madrid, 25 Mayo 1966

[Handwritten signature]

ESCALA VARIABLE.

2.

3

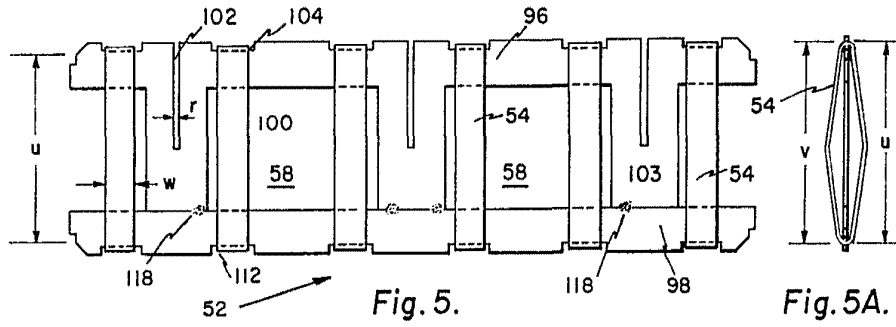


Fig. 5.

Fig. 5A.

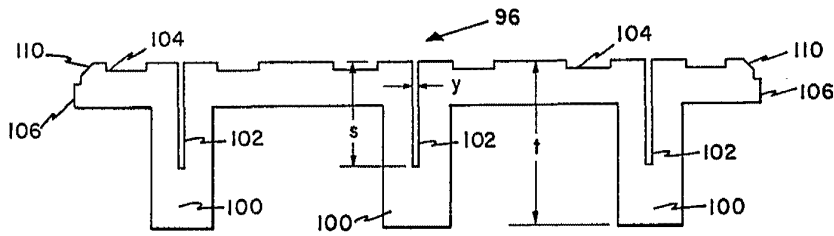


Fig. 6.

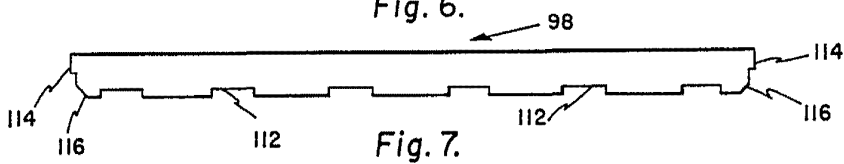


Fig. 7.

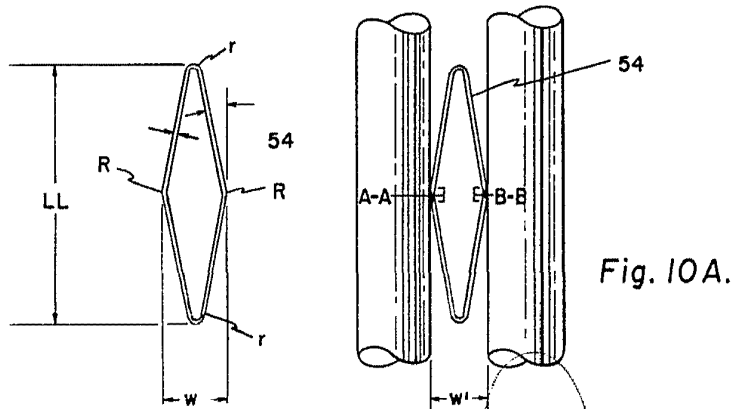


Fig. 10.

Fig. 10A.

Madrid, 25 100 1966

Handwritten signature or initials.

ESCALA VARIABLE.

25

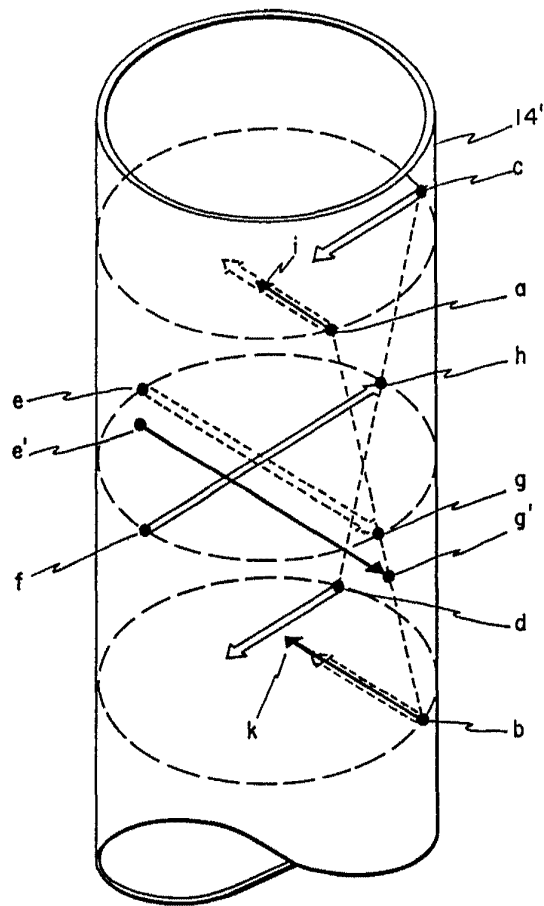


Fig. 8.

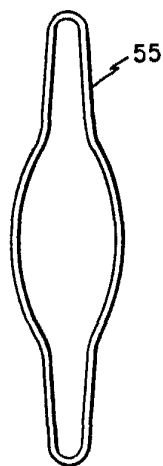


Fig. 9.

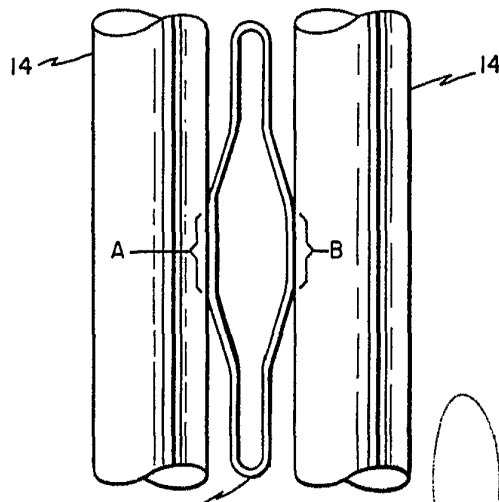


Fig. 9A.

Madrid, 25 JUN 1966

Handwritten signature or initials, possibly 'M.B.', written in ink.