

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 726**

51 Int. Cl.:

G21C 3/356 (2006.01)

G21C 3/322 (2006.01)

G21C 3/352 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2010** **E 10006784 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014** **EP 2270814**

54 Título: **Rejilla de soporte de un conjunto de combustible nuclear**

30 Prioridad:

30.10.2009 US 609259

01.07.2009 US 495873

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

29.12.2014

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive
Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US

72 Inventor/es:

LU, YONG (ROGER);
JIANG, XIAOYAN (JANE);
CONNER, MICHAEL E. y
EVANS, PAUL M.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 525 726 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Rejilla de soporte de un conjunto de combustible nuclear

Solicitudes relacionadas

La presente solicitud es continuación en parte de la solicitud con nº de serie 12/495.873, presentada el 1 de julio de 2009.

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

La presente invención está relacionada, en general, con un conjunto de combustible de reactor nuclear y, más en particular, con un conjunto de combustible nuclear que emplea una rejilla espaciadora que minimiza la vibración inducida por el flujo.

2. Descripción de la técnica relacionada

El lado primario de los sistemas de generación de energía de reactor nuclear que son refrigerados con agua a presión comprende un circuito cerrado que está aislado y con relación de intercambio de calor con un circuito secundario para la producción de energía útil. El lado primario comprende la vasija del reactor, que encierra una estructura interna de núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos de combustible que contienen material fisionable, el circuito primario en el interior de generadores de vapor de intercambio de calor, el volumen interno de un presurizador, bombas y tuberías para hacer circular agua a presión; conectando las tuberías cada uno de los generadores de vapor y de las bombas con la vasija del reactor independientemente. Cada una de las partes del lado primario que comprende un generador de vapor, una bomba y un sistema de tuberías que están conectadas a la vasija forman un bucle del lado primario.

Con fines ilustrativos, la Figura 1 muestra un sistema primario simplificado de reactor nuclear, que incluye una vasija 10 del reactor generalmente cilíndrico que tiene una cabeza 12 de la vasija que encierra un núcleo 14. Se bombea un refrigerante líquido del reactor, tal como agua, al interior de la vasija 10 por medio de la bomba 16 a través del núcleo 14 en el que se absorbe energía térmica y es descargado a un intercambiador 18 de calor, denominado, normalmente, generador de vapor, en el que se transfiere calor a un circuito de utilización (no mostrado), tal como un generador de turbina accionado por vapor. Entonces, se devuelve el refrigerante del reactor a la bomba 16, completando el bucle primario. Normalmente, una pluralidad de los bucles descritos anteriormente está conectada a una única vasija 10 del reactor por medio de tuberías 20 de refrigerante del reactor.

En la Figura 2 se muestra con más detalle un diseño ejemplar de reactor. Además del núcleo 14 que consiste en una pluralidad de conjuntos verticales paralelos 22 de combustible de extensión similar, para los fines de la presente descripción, se pueden dividir las otras estructuras internas de la vasija en los componentes internos inferiores 24 y en los componentes internos superiores 26. En diseños convencionales, la función de los componentes internos inferiores es soportar, alinear y guiar componentes e instrumentación del núcleo al igual que dirigir el flujo en el interior de la vasija. Los componentes internos superiores limitan o proporcionan una limitación secundaria para los conjuntos 22 de combustible (de los cuales solo se muestran dos en aras de la sencillez en la Figura 2), y soportar y guiar los componentes e instrumentación, tales como las varillas 28 de control. En el reactor ejemplar mostrado en la Figura 2, el refrigerante entra en la vasija 10 del reactor a través de una o más toberas 30 de entrada, fluye descendientemente a través de una zona anular entre la vasija y el barrilete 32 del núcleo, se lo hace girar 180° en una cámara inferior 34, pasa hacia arriba a través de una placa inferior 37 de soporte y una placa inferior 36 del núcleo sobre la que se asientan los conjuntos de combustible y a través y en torno de los conjuntos. En algunos diseños, la placa inferior 37 de soporte y la placa inferior 36 del núcleo son sustituidas por una única estructura, teniendo una placa inferior de soporte del núcleo la misma elevación que 37. El flujo refrigerante a través del núcleo y el área circundante 38 es normalmente grande, del orden de 1.500.000 litros por minuto con una velocidad de aproximadamente 6 metros por segundo. La caída resultante de la presión y las fuerzas de rozamiento tienden a provocar que asciendan los conjuntos de combustible, movimiento que está limitado por medio de los componentes internos superiores, incluyendo una placa superior circular 40 del núcleo. El refrigerante que sale del núcleo 14 fluye por la cara inferior de la placa superior 40 del núcleo y hacia arriba a través de una pluralidad de perforaciones 42. Entonces, el refrigerante fluye hacia arriba y radialmente hasta una o más toberas 44 de salida.

Los componentes internos superiores 26 pueden estar soportados en la vasija o la cabeza de la vasija e incluyen un conjunto superior 46 de soporte. Se transmiten cargas entre el conjunto superior 46 de soporte y la placa superior 40 del núcleo, principalmente por medio de una pluralidad de columnas 48 de soporte. Hay alineadas una columna de soporte por encima de un conjunto seleccionado 22 de combustible y perforaciones 42 en la placa superior 40 del núcleo.

Se guían varillas 28 de control amovibles de forma rectilínea, que normalmente incluyen un eje motor 50 y un conjunto 52, tipo araña, de varillas de veneno neutrónico, a través de los componentes internos superiores 26 y

formando conjuntos alineados 22 de combustible por medio de tubos guía 54 de las varillas de control. Los tubos guía están unidos fijamente al conjunto superior 46 de soporte y a la parte superior de la placa superior 40 del núcleo. La disposición de columna 48 de soporte ayuda a retardar la deformación del tubo guía en condiciones de accidente que podrían afectar de forma perjudicial a la capacidad de inserción de la varilla de control.

La Figura 3 es una vista en alzado, representada en forma acortada verticalmente, de un conjunto de combustible designado de forma general por medio del número 22 de referencia. El conjunto 22 de combustible es el tipo utilizado en un reactor de agua a presión y tiene un esqueleto estructural que, en su extremo inferior incluye una tobera inferior 58. La tobera inferior 58 soporta el conjunto 22 de combustible en una placa inferior 60 del núcleo en la región del núcleo del reactor nuclear (la placa inferior 60 del núcleo está representada por medio del número 36 de referencia en la Figura 2). Además de la tobera inferior 58, el esqueleto estructural del conjunto 22 de combustible también incluye una tobera superior 62 en su extremo superior y un número de tubos guía o manguitos 84 que se alinean con los tubos guía 54 en los componentes internos superiores. Los tubos guía o manguitos 84 se extienden longitudinalmente entre las toberas inferior y superior 58 y 62 y están fijados de forma rígida a las mismas en extremos opuestos.

El conjunto 22 de combustible incluye, además, una pluralidad de rejillas transversales 64 separadas axialmente a lo largo de los manguitos guía 84, y están montadas en los mismos, y una matriz organizada de varillas alargadas 66 de combustible separada transversalmente y soportada por las rejillas 64. En la Figura 4 se muestra una vista en planta de una rejilla 64 sin los manguitos guía 84 ni la varilla 66 de combustible. Los manguitos guía 84 pasan a través de las células marcadas 96 y las varillas de combustible ocupan las células 94. Como puede verse en la Figura 4, las rejillas 64 están formadas convencionalmente de una matriz de flejes ortogonales 86 y 88 que están intercalados en un patrón de huevera, definiendo la superficie de contacto adyacente de cuatro flejes células de soporte aproximadamente cuadradas a través de las cuales están soportadas las varillas 66 de combustible en las células 94 en una relación separada transversal entre sí. En muchos diseños, se estampan resortes 90 y pestañas 92 en las paredes opuestas de los flejes que forman las células 94 de soporte. Los resortes y pestañas se extienden de forma radial hacia el interior de las células de soporte y capturan la varilla 66 de combustible entre los mismos; ejerciendo presión sobre la vaina de las varillas de combustible para mantener en su posición a las varillas. La matriz ortogonal de flejes 86 y 88 está soldada en cada extremo del fleje a un fleje limítrofe 98 para completar la estructura 64 de la rejilla. Además, el conjunto 22, según se muestra en la Figura 3, tiene un tubo 68 de instrumentación ubicado en el centro del mismo que se extiende entre las toberas inferior y superior 58 y 62, y está capturado por las mismas. Con tal disposición de piezas, el conjunto 22 de combustible forma una unidad integral capaz de ser manipulada de forma conveniente sin dañar el conjunto de piezas.

Como se ha mencionado anteriormente, se mantienen las varillas 66 de combustible en la matriz de las mismas en el conjunto 22 en una relación separada entre sí por medio de las rejillas 64 separadas en la longitud del conjunto de combustible. Cada varilla 66 de combustible incluye una pluralidad de pastillas 70 de combustible nuclear y está cerrada en sus extremos opuestos por medio de tapones extremos superior e inferior 72 y 74 de cierre. Se mantienen las pastillas 70 en una pila por medio de un resorte 76 de cámara dispuesto entre el tapón extremo superior 72 de cierre y la parte superior de la pila de pastillas. Las pastillas 70 de combustible, compuesto por material fisiónable, son responsables de la creación de la potencia reactiva del reactor. La vaina que rodea las pastillas funciona como una barrera para evitar que los subproductos de fisión entren en el refrigerante y contaminen adicionalmente el sistema del reactor.

Para controlar el procedimiento de fisión, son amovibles en vaivén un número de varillas 78 de control en los manguitos guía 84 ubicados en posiciones predeterminadas en el conjunto 22 de combustible. Se pueden ver en la Figura 4 las ubicaciones de manguito guía representadas por medio del número 96 de referencia, salvo la ubicación central que está ocupada por el tubo 68 de instrumentación. Específicamente, un mecanismo 80 de control del haz de varillas, colocado por encima de la tobera superior 62, soporta una pluralidad de varillas 78 de control. El mecanismo de control tiene un miembro de cubo cilíndrico roscado internamente 82 con una pluralidad de uñas o brazos 52 que se extienden radialmente que forman la araña que se ha hecho notar anteriormente con respecto a la Figura 2. Cada brazo 52 está interconectado con una varilla 78 de control, de forma que el mecanismo 80 de varillas de control sea operable para mover las varillas de control verticalmente en los manguitos guía 84 para controlar, de ese modo, el proceso de fisión en el conjunto 22 de combustible, bajo la fuerza motriz de un eje motor 50 de varillas de control que está acoplado al cubo 80 de varillas de control, todo ello de forma bien conocida.

Como se ha mencionado anteriormente, los conjuntos de combustible están sometidos a fuerzas hidráulicas que superan el peso de las varillas de combustible y, de ese modo, ejercen fuerzas significativas sobre las varillas de combustible y los conjuntos. Además, existe una turbulencia significativa en el refrigerante en el núcleo provocada por las paletas de mezclado en las superficies superiores de los flejes de muchas rejillas que promueven la transferencia de calor de la vaina de las varillas de combustible al refrigerante. Las fuerzas sustanciales de flujo y la turbulencia pueden tener como resultado una vibración resonante de los flejes de la rejilla, resultante de la vibración sincronizada de desprendimiento de vórtices cuando la frecuencia de desprendimientos es cercana a la frecuencia natural del fleje. La vibración resonante puede provocar una corrosión grave de la vaina de varillas de combustible si no se limita el movimiento relativo entre el fleje de la rejilla y la varilla de combustible. La corrosión de la vaina de varillas de combustible puede dar lugar a una rotura y exponer el refrigerante al subproducto radiactivo en el interior

de las varillas de combustible. Otro problema potencial con la vibración resonante del fleje de la rejilla es que podría producirse fatiga en los flejes de la rejilla, provocando la formación de grietas en el fleje de la rejilla (u otro daño a los flejes).

5 Los documentos US 6 236 702 y US 5299245 dan a conocer rejillas de soporte según el preámbulo de la reivindicación 1.

Por lo tanto, se desea un medio mejorado para soportar las varillas de combustible en una rejilla de conjunto de combustible que resista mejor a una vibración resonante de los flejes de la rejilla.

Sumario de la invención

10 La presente invención consigue el anterior objetivo proporcionando una rejilla mejorada de soporte del conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener una mayor comprensión de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes cuando sean leídas junto con los dibujos adjuntos en los que:

15 la Figura 1 es un esquema simplificado de un sistema de reactor nuclear al que se puede aplicar la presente invención;
la Figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en corte, de una vasija de reactor nuclear y de componentes internos a la que se puede aplicar la presente invención;
la Figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en corte, de un conjunto de combustible ilustrado en forma acortada verticalmente, con piezas cortadas en aras de la claridad;
20 la Figura 4 es una vista en planta de una rejilla de soporte con forma de huevera de la presente invención;
la Figura 5 ilustra dos realizaciones distintas de una pared de una célula de soporte de combustible que puede ser empleada para conseguir los objetivos de la presente invención;
la Figura 6 es una vista frontal de una pared de una célula de soporte de combustible que emplea un ligamento con forma de diente de sierra para el borde posterior y una muesca con forma de diente de sierra
25 justo por debajo de las pestañas;
la Figura 7 es una vista en planta de una pared de una célula de soporte de combustible de la presente invención con una configuración mejorada de pestaña;
la Figura 8 es la vista frontal de una pared de la célula de soporte de combustible que emplea una variación curvada del alineamiento con forma de diente de sierra para el borde posterior y una variación curvada de la muesca con forma de diente de sierra justo por debajo de las pestañas mostradas en la Figura 10; y
30 la Figura 9 es un gráfico de resultados de ensayo que ilustra los beneficios que se derivan de la presente invención.

Descripción de la realización preferente

35 La presente invención proporciona un nuevo conjunto de combustible para un reactor nuclear y, más en particular, un diseño mejorado de rejilla espaciadora para un conjunto de combustible nuclear. La rejilla mejorada está formada, en general, a partir de una matriz de células aproximadamente cuadradas (o hexagonales), algunas de las cuales 94 soportan varillas de combustible mientras que otras de las cuales 96 están conectadas a manguitos guía y a un tubo central de instrumentación. La vista en planta mostrada en la Figura 4 es muy semejante a las rejillas de la técnica anterior dado que el contorno de los flejes individuales 86 y 88 de la rejilla no son regularmente evidentes en esta
40 vista, pero pueden apreciarse mejor con la vista mostrada en las Figuras 5-9. La rejilla de la presente realización está formada de dos conjuntos colocados ortogonalmente de flejes separados paralelos 86 y 88, que están intercalados de forma convencional y están rodeados por un fleje externo 98 para formar la composición estructural de la rejilla 64. Aunque se muestran en esta realización flejes ortogonales 86 y 88 que forman células sustancialmente cuadradas de soporte de varillas de combustible, se debería apreciar que esta invención puede ser
45 aplicada igualmente también a otras configuraciones de rejilla, por ejemplo, rejillas hexagonales. Los flejes ortogonales 86 y 88, y en el caso de las filas externas, el fleje externo 98 define las células 94 de soporte en la intersección de cada uno de los cuatro flejes adyacentes que rodean las varillas 66 de combustible nuclear. Una longitud de cada fleje en la dimensión alargada de los flejes, entre las intersecciones de cuatro flejes adyacentes, forma una pared 100 de las células 94 de soporte de varillas de combustible.

50 Debido a la velocidad elevada del refrigerante que pasa hacia arriba a través del núcleo y la turbulencia que se crea, en general, de forma intencionada para promover la transferencia de calor entre los conjuntos de combustible al refrigerante, los flejes 86 y 88 de la rejilla de las varillas de combustible nuclear tienen un potencial para experimentar una vibración sincronizada de desprendimiento de vórtices cuando la frecuencia de desprendimiento es cercana a la frecuencia natural del fleje. Si la vibración alcanza la frecuencia natural de vibración del fleje, el
55 movimiento vibratorio relativo entre los contactos de la rejilla (las pestañas y los resortes) y la vaina de las varillas de combustible puede provocar la corrosión de la vaina y puede tener como resultado, al final, una rotura de la vaina y una liberación de los subproductos de fisión al refrigerante. La vibración resonante también puede provocar grietas u

otros fallos en los flejes de la rejilla, lo que también podría dar lugar a una rotura de la vaina. La invención emplea flejes con bordes posterior y anterior inclinados que están diseñados para romper la correlación de los vórtices desprendidos de los bordes posterior y anterior de los flejes de la rejilla variando la fase de los vórtices para evitar la vibración sincronizada de los flejes de desprendimiento de vórtices. Se puede apreciar mejor el fleje mejorado de la rejilla de la presente invención a partir de las vistas mostradas en las Figuras 5-7. Se debe hacer notar que la Figura 8 proporciona una realización alterna para romper la correlación utilizando muescas semicirculares en vez de bordes inclinados. En aras de la simplicidad, las porciones de los flejes mostradas tienen paredes 100 que solo soportan varillas de combustible y no colindan con las células 96 a través de las cuales se extienden los manguitos guía y el tubo de instrumentación. La Figura 5 muestra una vista en perspectiva de una porción de uno de los flejes 86 y 88 que colinda con las células que soportan las varillas de combustible. Una pared 100 de cada célula 94 está definida entre las hendiduras verticales 102 y entre las hendiduras verticales 102 y los extremos de los flejes. Las hendiduras verticales 102 en los flejes 86, que se extienden desde el borde inferior 104 del fleje subiendo en parte hasta la altura de los flejes, coinciden con una hendidura correspondiente en los flejes 88, que se extienden desde el borde superior y se extienden parcialmente hacia abajo para formar la intersección entre los flejes en la unión de intercalación. De aquí en adelante, se denomina borde anterior al borde inferior 104 de los flejes 86, 88 y se denomina en lo sucesivo borde posterior al borde superior 106 de los flejes 86, 88 por cuanto el refrigerante recorre el núcleo desde el borde inferior hasta el borde superior.

Según la presente invención, uno o ambos del borde anterior 104 o el borde posterior 106 están dotados de un contorno inclinado que varía la elevación de cualquiera o de ambos del borde anterior 104 o del borde posterior 106 según se extienden los bordes a lo largo de las paredes 100, longitudinalmente en la longitud de los flejes. En la realización ilustrada en la Figura 5, el borde anterior está dotado de un contorno plano que no varía en elevación a lo largo de la pared 100, mientras que el borde posterior 106 está dotado de un contorno curvado que romperá la correlación entre los vórtices; es decir, los vórtices no se reforzarán entre sí.

Durante la operación del reactor en el núcleo, el flujo de refrigerante a alta velocidad a través de los flejes de la rejilla provoca una vibración sincronizada de desprendimiento de vórtices si la frecuencia de desprendimiento es cercana a la frecuencia natural de los flejes de la rejilla. Con los bordes posterior y/o anterior inclinados, el vórtice seguirá formándose a lo largo del borde posterior en cada pared 100 a lo largo del fleje. El vórtice en cada pared tendrá la misma frecuencia de desprendimiento si la velocidad del flujo de refrigerante es la misma. Sin embargo, el momento (es decir, la sincronización) de los vórtices que salen de los bordes inclinados no estará correlacionado, debido a que estarán desfasados. Con el borde posterior inclinado, las oscilaciones de presión diferencial debidas a desprendimiento de vórtices actúan en las distintas fases cancelándose entre sí y no se formará una fuerza oscilante resultante uniforme que excite el fleje.

Aunque hasta ahora se ha ilustrado un patrón ondulante del borde posterior 106, se debería apreciar que se pueden conseguir los beneficios de la presente invención empleando patrones de borde posterior y anterior. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 5 por medio del patrón 112 de la pared, el borde anterior 104 tiene un contorno horizontal recto mientras que el borde posterior está conformado con un patrón con forma de diente de sierra que se repite de célula en célula. En otra realización ilustrada por el patrón 116 de pared, se puede formar el borde anterior 104 y el borde posterior 106 con un patrón con forma de diente de sierra inclinado en direcciones opuestas. Preferentemente, en cada caso, las paredes opuestas de cada célula estarían inclinadas con un desfase de 180° (siendo 360° la extensión total del patrón del borde inclinado antes de que se repita).

Por lo tanto, empleando la presente invención de bordes inclinados posterior y anterior en un núcleo del reactor, se seguirán formando los vórtices a lo largo del borde posterior. Cada vórtice a lo largo del borde del fleje tendrá la misma frecuencia de desprendimiento si la velocidad del flujo es la misma. Sin embargo, las fases de esos vórtices que salen del borde no se correlacionan debido a la forma de los bordes. Por lo tanto, las oscilaciones de presión diferencial debidas al desprendimiento de vórtices actúan en distintas fases. Debido a la diferencia de fase, las fuerzas diferenciales se cancelarán entre sí y no formarán fuerzas oscilantes resultantes uniformes.

En la Figura 6 se muestra la realización preferente. La Figura 6 muestra otra realización que emplea pestañas horizontales 108 y 108' con un borde inferior horizontal recto 104 de fleje y un borde posterior 106 con forma de diente de sierra. Hay estampada una muesca 118 con forma de diente de sierra por debajo de la pestaña 108 para formar un borde posterior para esta región inferior del fleje que altera la correlación de los vórtices de esta región del fleje. Además, las pestañas 108 y 108' están suavizadas con curvas redondeadas suavemente para alterar adicionalmente los vórtices, como se muestra en la Figura 7. La Figura 6 solo muestra una pared de célula de soporte de combustible en el fleje de la rejilla. Cuando se mira todo el fleje de la rejilla, el borde superior parece tener un diseño de diente de sierra. Se concibe que la expresión "diente de sierra" haga referencia a los diseños primero y segundo desde la izquierda en la Figura 5 y el diseño mostrado en la Figura 6, es decir, con o sin el reborde 120. Las dos muescas 106 y 118, una en el borde superior del fleje y la otra por debajo de la pestaña inferior, están definidas por el ángulo de la muesca y el radio en la parte inferior de las muescas triangulares, como se muestra en la Figura 6. Un tercer parámetro, la relación entre anchura de la muesca y la anchura total de la célula de flejes, también es un parámetro que afecta al rendimiento de la presente invención.

- El ángulo Θ de las muescas y de los bordes posteriores superiores (el ángulo tendido), según se define en la Figura 6 es de entre 20 y 160 grados, siendo el ángulo óptimo entre 60 y 90 grados. La relación de radios en la parte inferior de las muescas triangulares está definida por la relación del radio de la curva con respecto a la profundidad de la muesca. Utilizando esta definición, el intervalo de la relación de radios (R/D) puede extenderse desde 0,1 hasta 0,9, con un intervalo óptimo entre 0,5 y 0,7. La experimentación ha demostrado que rompe el perfil de un borde (como 106 o 118) de pared de célula de soporte de combustible puede ser beneficioso para una reducción de la vibración. Por ejemplo, se ha mostrado que la muesca superior mostrada en la Figura 6 proporciona menos vibración que una en la que la relación W/P (anchura de la muesca en su punto más ancho con respecto a la anchura total de la pared de la célula) se aproximaba a 1,0. La geometría de la muesca superior mostrada en la Figura 6 tiene un reborde pequeño 120 a ambos lados de los bordes posteriores inclinados con un radio razonablemente grande en la parte inferior. Esta geometría elimina el borde horizontal largo del diseño de la técnica anterior que ha mostrado que exhibe una vibración significativa. Además, esta geometría proporciona tres configuraciones distintas de borde, horizontal, inclinado y redondeado, que se ha demostrado, durante el ensayo, que es una geometría preferente para evitar la correlación de vórtices, evitando, de esta manera, una vibración de amplitud elevada. La relación de anchura de la muesca con respecto a la anchura total de la célula se encuentra entre 0,1 y 0,9, siendo el intervalo óptimo desde 0,5 hasta 0,85. Por lo tanto, se describe la realización preferente por medio de un ángulo Θ de muesca, una relación de radio inferior (R/D) y una relación de anchura de la muesca (W/P).
- La Figura 8 muestra una configuración alterna para la muesca superior e inferior. Esta configuración ha sido probada experimentalmente y se ha demostrado que proporciona una mitigación significativa de la vibración con respecto al diseño de la técnica anterior. Esta configuración utiliza una muesca semicircular en vez de una muesca con forma de diente de sierra como el borde posterior para el flujo de refrigerante. El concepto que subyace a esta configuración es que no hay ningún borde recto en toda la anchura de la muesca del borde posterior, lo que evitará adicionalmente que se correlacionen los vórtices de refrigerante y, de esta manera, se reduzca la vibración. La geometría de esta configuración debería ser tal que la relación de profundidad (D) con respecto a la anchura (W) se acerque a 0,5 para maximizar la curvatura de la muesca y reducir la correlación de vórtices. La anchura (W) de la muesca con respecto a la anchura total (P) de la célula también es importante para esta configuración alternativa. Como se muestra en la Figura 8, la relación W/P debería ser desde 0,2 hasta 0,9, siendo el intervalo óptimo desde 0,4 hasta 0,6.
- La Figura 9 ilustra los resultados experimentales que fueron obtenidos que demuestran la reducción de la vibración del fleje de la rejilla que puede conseguirse empleando la presente invención. Esta figura ilustra la reducción en la vibración para las variaciones del diseño de diente de sierra de la Figura 6. Estos datos muestran que para distintos valores del ángulo Θ de muesca, de relación de radio inferior (R/D) y de relación de anchura de muesca (W/P), la reducción de la vibración será distinta. Se utilizaron estos datos, y otros datos como ellos, para definir los intervalos para estos parámetros definidos anteriormente, incluyendo los intervalos óptimos.
- En consecuencia, aunque se han descrito con detalle realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a esos detalles en vista de las enseñanzas generales de la divulgación. En consecuencia, se pretende que las realizaciones particulares dadas a conocer solo sean ilustrativas y no limitantes en cuanto al alcance de la invención.

Lista de referencias

- 10 vasija de presión del reactor
- 12 cabeza del reactor
- 14 núcleo
- 16 bomba
- 18 intercambiador de calor
- 20 tubería del refrigerante
- 22 conjuntos de combustible
- 24 componentes internos inferiores
- 26 componentes internos superiores
- 28 varillas de control
- 30 toberas de entrada
- 32 barrilete del núcleo
- 34 cámara inferior
- 36 placa inferior del núcleo
- 38 área circundante en el núcleo
- 40 placa superior del núcleo
- 42 perforaciones en la placa superior del núcleo
- 44 toberas de salida
- 46 conjunto superior de soporte
- 48 columnas de soporte
- 50 eje motor de las varillas de control
- 52 conjunto de tipo araña

54	tubos guía
56	pasador partido
58	tobera inferior
60	placa inferior de soporte del núcleo
62	tobera superior
64	rejillas
66	varillas de combustible
68	tubo de instrumentación
70	pastillas de combustible
72	tapón extremo superior de cierre
74	tapón extremo inferior de cierre
76	resorte de cámara
78	varillas de control
80	mecanismo de control del haz de varillas
82	cubo de tipo araña
84	manguitos guía del conjunto de combustible
86	flejes ortogonales de rejilla
88	flejes ortogonales de rejilla
90	resortes
92	pestañas
94	células de soporte de combustible
96	células de manguito de las varillas de control
98	fleje limítrofe
100	pared de la célula de soporte de varillas de combustible
102	hendidura en el fleje de la rejilla
104	borde anterior
106	borde posterior
108	pestañas
110	patrón 1 de borde
112	patrón 2 de borde
114	patrón 3 de borde
116	patrón 4 de borde
118	muesca con forma de diente de sierra
120	reborde superior en el borde posterior

REIVINDICACIONES

1. Una rejilla de soporte para un conjunto de combustible nuclear, formando dicha rejilla de soporte células (94) de soporte para mantener una separación lateral entre las varillas (66) de combustible de una matriz separada paralela de una pluralidad de varillas alargadas (66) de combustible nuclear, y que comprende:
 - 5 una pluralidad de flejes alargados (86, 88) que se cruzan que definen las células (94) de soporte en la intersección de cada uno de los cuatro flejes adyacentes (86, 88) que rodean las varillas (66) de combustible nuclear, una longitud de cada fleje (86, 88) en su dimensión alargada, entre las intersecciones de los cuatro flejes adyacentes que forman una pared (100) que tiene un borde anterior inferior (104) y un
 - 10 borde posterior superior (106), estando dotado al menos uno o ambos del borde anterior (104) y del borde posterior (106) de un contorno inclinado que varía la elevación del borde anterior (104) y/o del borde posterior (106) a medida que el borde anterior o posterior se extiende por la pared (100) longitudinalmente en la longitud del fleje (86, 88), en la que
 - 15 al menos uno del borde anterior (104) y del borde posterior (106) de al menos una pared (100) de al menos algunas de las células (94) que rodean las varillas de combustible empezando en una primera elevación en una primera de las intersecciones entre los flejes (86, 88) y se extienden a lo largo de la dimensión alargada del fleje correspondiente hasta una segunda elevación, y se extienden desde la segunda elevación hasta una tercera elevación antes de la intersección con un fleje ortogonal adyacente siendo la tercera elevación distinta de la segunda elevación, y
 - 20 la segunda elevación es más alta que las elevaciones primera y tercera en el borde anterior (104) y la segunda elevación es más baja que las elevaciones primera y tercera en el borde posterior (106),
caracterizada porque
 el borde anterior inferior (104) y el borde posterior superior (106) se encuentran en el plano del fleje correspondiente (86, 88).
- 25 2. La rejilla de soporte de la Reivindicación 1, en la que al menos algunas de las paredes de las células (94) de soporte incluyen una pestaña (108) que tiene una abertura con forma de diente de sierra cortada en la pared por debajo de la pestaña.
3. La rejilla de soporte de la Reivindicación 2, en la que la pestaña (108) está redondeada sustancialmente en una pluralidad de esquinas en las que cambia de dirección hacia el interior de la célula (94) de soporte.
- 30 4. La rejilla de soporte de la Reivindicación 2, en la que al menos algunas de las paredes de las células (94) de soporte que incluyen una pestaña (108) que tiene una abertura con forma de diente de sierra por debajo de la pestaña también incluyen un ligamento con forma de diente de sierra como el borde posterior.
5. La rejilla de soporte de la Reivindicación 1, en la que el borde anterior (105), el borde posterior (106) o tanto el borde anterior (104) como el borde posterior (106) están formados como una muesca (118) en la pared de la célula (94) de soporte que tiene al menos un primer lado que está inclinado hacia un segundo lado, conectados los lados primero y segundo en la parte inferior con una transición curvada suave.
- 35 6. La rejilla de soporte de la Reivindicación 5, en la que la muesca (118) tiene forma de triángulo que tiene una base horizontal relativamente plana en la parte superior y una punta inferior redondeada.
7. La rejilla de soporte de la Reivindicación 1, en la que bien el borde anterior (104), bien el borde posterior (106) o tanto el borde anterior (104) como el borde posterior (106) están formados sustancialmente como un
- 40 semicírculo con un extremo abierto en la parte superior.

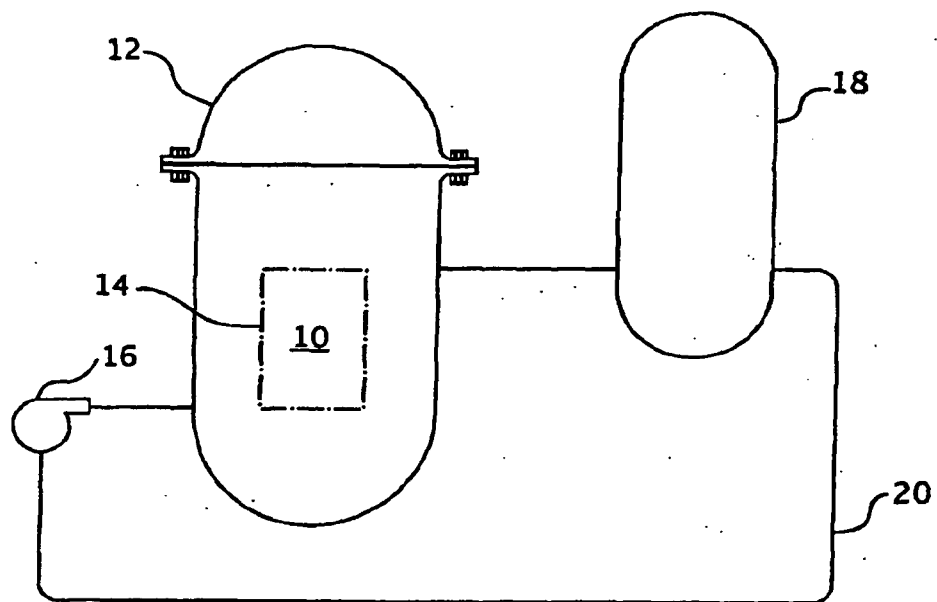


FIG. 1 Técnica anterior

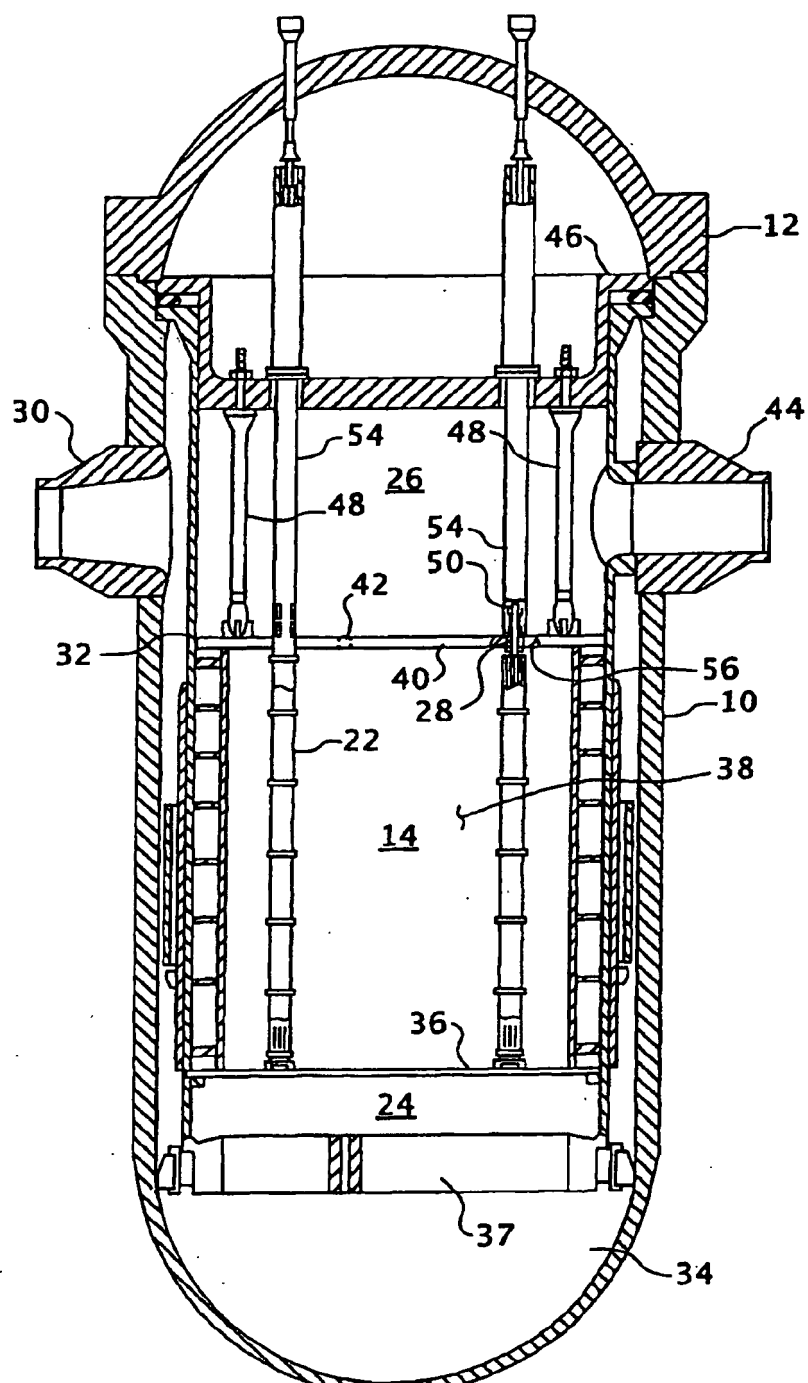


FIG. 2 Técnica anterior

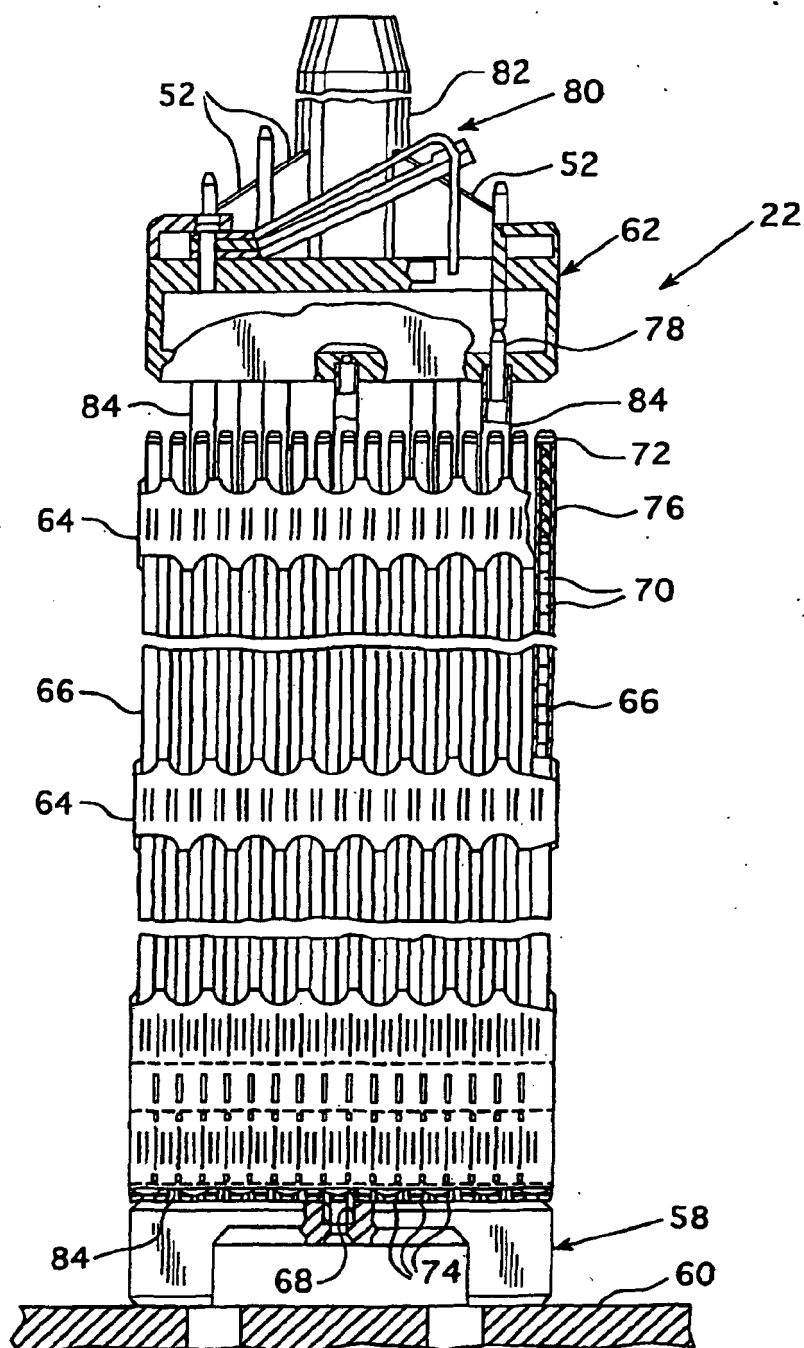


FIG. 3 Técnica anterior

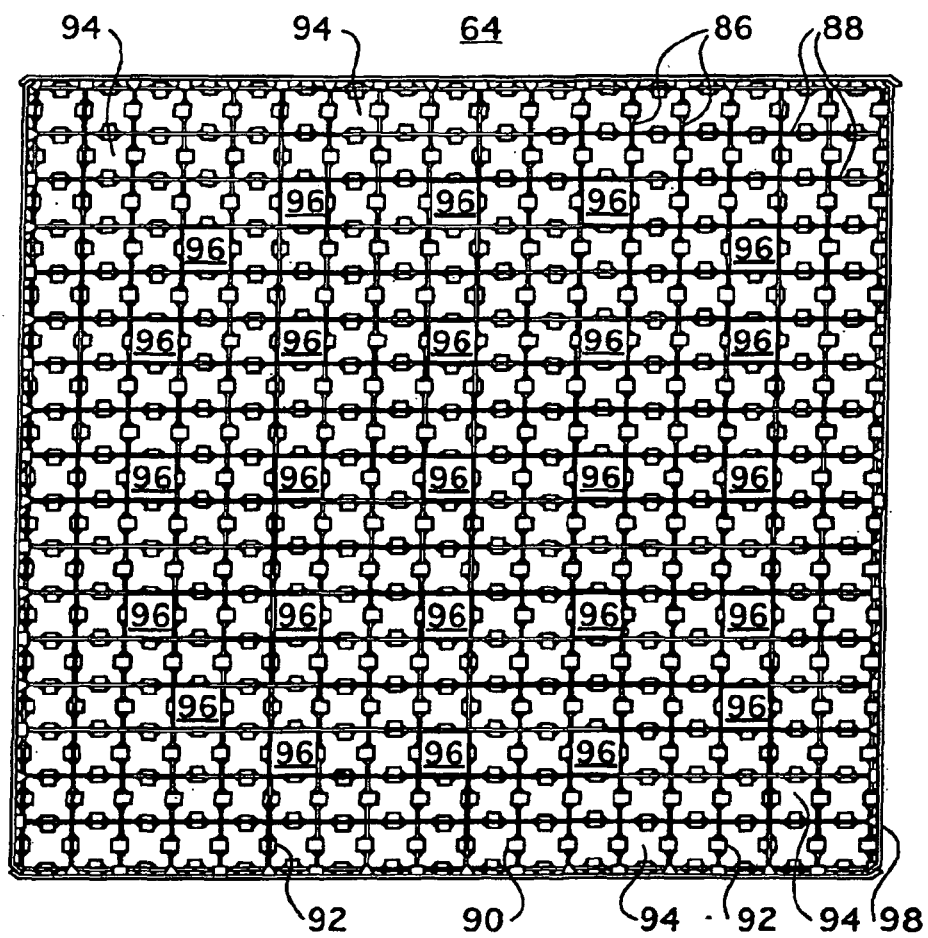


FIG. 4

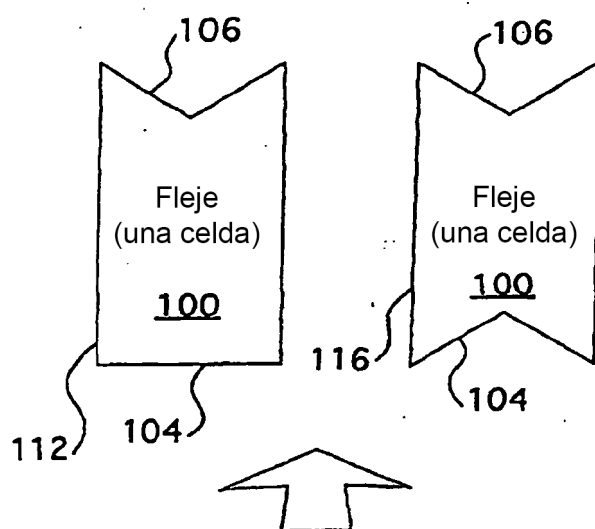
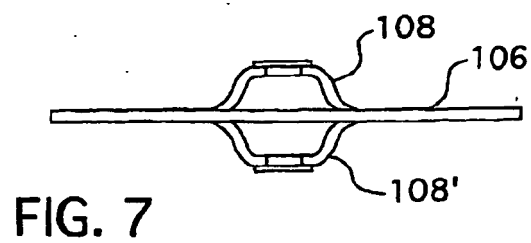
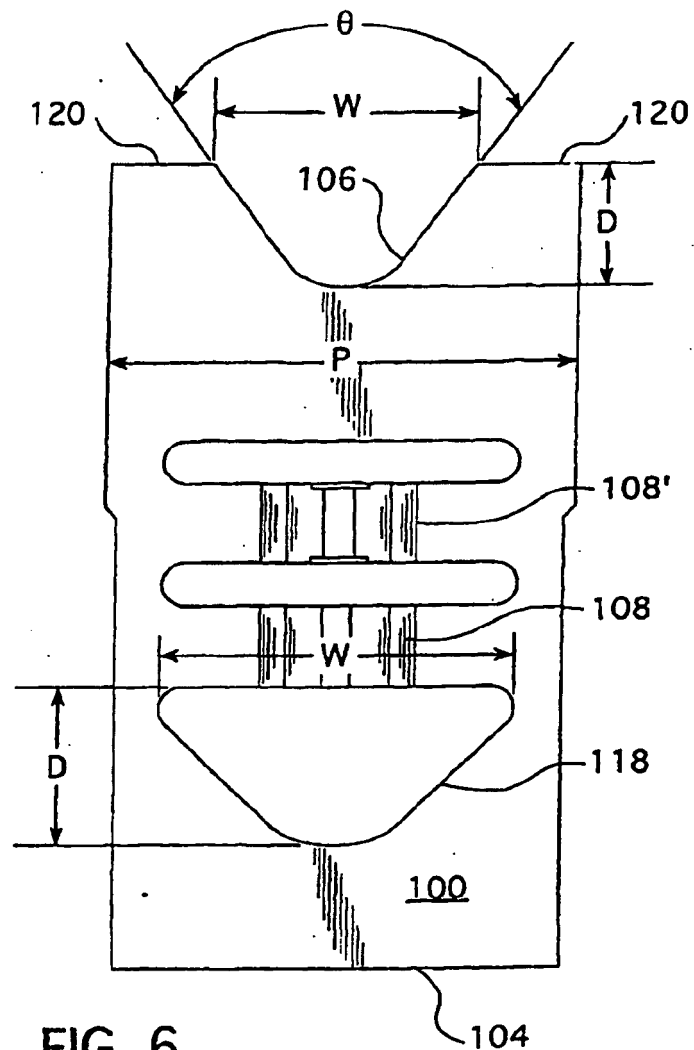


FIG. 5



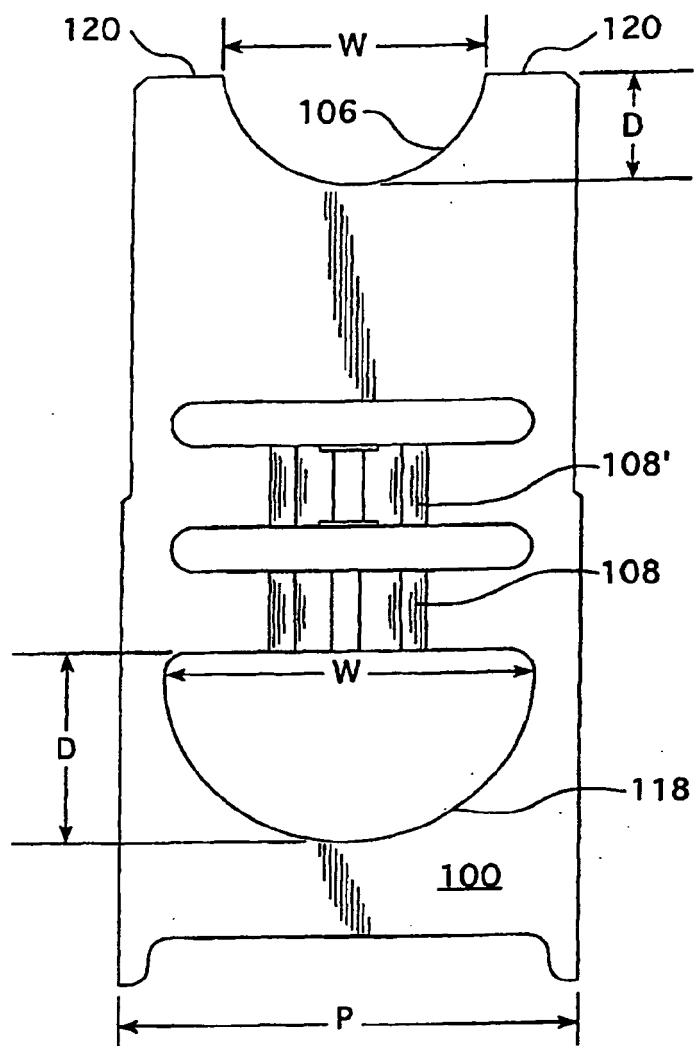


FIG. 8

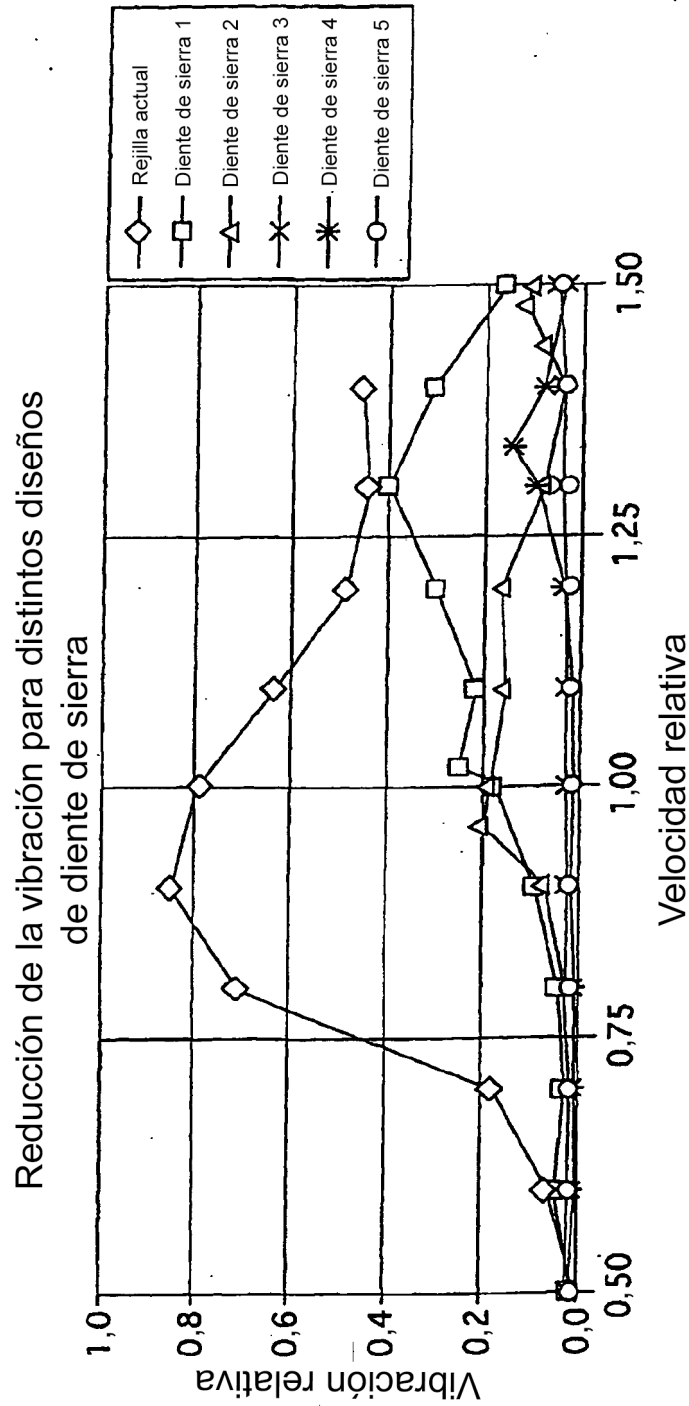


FIG. 9