

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 594 335**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/32**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.09.2004 PCT/FR2004/002388**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2005 WO05034136**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2004 E 04787416 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 1668649**

54 Título: **Ensamblaje de combustible nuclear comprendiendo un dispositivo de malla de refuerzo y utilización de dicho dispositivo en un ensamblaje de combustible nuclear**

30 Prioridad:

**30.09.2003 FR 0311459**

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

**19.12.2016**

73 Titular/es:

**AREVA NP (100.0%)  
TOUR AREVA 1 PLACE DE LA COUPOLE  
92400 COURBEVOIE, FR**

72 Inventor/es:

**BEATI, ANGELO;  
MULLER, THIERRY y  
RONDEPIERRE, JEAN-FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

ES 2 594 335 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**

Ensamblaje de combustible nuclear comprendiendo un dispositivo de malla de refuerzo y utilización de dicho dispositivo en un ensamblaje de combustible nuclear

5

**[0001]** La presente invención se refiere a ensamblajes de combustible nuclear.

**[0002]** La invención se aplica por ejemplo, a ensamblajes para reactores nucleares de agua a presión.

10 **[0003]** En general, los ensamblajes de combustible nuclear incluyen lápices de combustible nuclear y un esqueleto de soporte con dos boquillas, unos tubos guías que conectan las boquillas, y unas rejillas de sujeción de los lápices.

15 **[0004]** Las rejillas de sujeción incluyen cada una dos conjuntos de placas entrecruzadas y una cintura exterior, delimitando así unas células, a través de las cuales pasan los tubos guías por unas de dichas células y los lápices de combustible por otras. Las placas se proveen con medios de sujeción de los lápices a los nudos de una red sensiblemente regular y se fijan a al menos algunos de los tubos guías.

20 **[0005]** Por lo menos una de las rejillas de sujeción asegura también el soporte de los lápices. Para ello, en general, dicha rejilla se provee con muelles perfilados en las placas o dispuestos sobre éstas, los cuales se destinan a pegar los lápices sobre pequeñas protuberancias embutidas en las placas y formando otras caras de células.

25 **[0006]** Las otras rejillas sólo tienen como función la sujeción de los lápices a los nudos de la red. Para ello, dichas rejillas incluyen unas pequeñas protuberancias de apoyo del lápiz en cada cara de cada célula por la que pasa un lápiz.

30 **[0007]** También se conocen por los documentos FR-2 665 291 y EP-261 544 unas rejillas adicionales de mezcla previstas para intercalarse entre las rejillas de sujeción y que comprenden aletas para mejorar la mezcla del fluido refrigerante que circula por los ensamblajes.

**[0008]** Al finalizar su producción, estos ensamblajes se extienden de manera rectilínea y verticalmente a lo largo de una dirección denominada axial. Una vez dispuestos en reactor, estos ensamblajes se deforman debido a la irradiación y pueden adoptar formas de C, S o W.

35 **[0009]** Dichas deformaciones implican numerosos problemas. En funcionamiento, estas hacen más difícil la inserción en los tubos guías de los racimos de mando y de parada.

40 **[0010]** Durante la manipulación, estas deformaciones aumentan los riesgos de enganche de los ensamblajes, por ejemplo durante las operaciones de carga y descarga del núcleo del reactor.

**[0011]** Un objeto de la invención consiste en resolver este problema al mismo tiempo que se reduce la deformación de los ensamblajes de combustible nuclear bajo irradiación.

45 **[0012]** Con este fin, la invención tiene por objeto un ensamblaje de combustible según la reivindicación 1.

**[0013]** Según modos particulares de realización, el ensamblaje puede comprender una o varias características de las reivindicaciones dependientes 2 a 6.

50 **[0014]** La invención también tiene por objeto un uso según la reivindicación 7.

**[0015]** Según unos modos particulares de realización, el uso de la invención puede comprender una de las características de las reivindicaciones 8 a 12.

**[0016]** La invención se entenderá mejor a la lectura de la descripción siguiente, proporcionada únicamente a modo de ejemplo, y en referencia a los dibujos anexos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática en elevación de un ensamblaje de combustible nuclear según la invención,

- la figura 2 es una vista esquemática parcial y en perspectiva que ilustra un dispositivo intermedio de refuerzo del

ensamblaje de la figura 1,

- la figura 3 es una vista esquemática en plano que compara la estructura y la extensión del dispositivo intermedio de refuerzo de la figura 2 con respecto a la red de lápices de combustible nuclear y a una rejilla de sujeción del ensamblaje de la figura 1,

- la figura 4 es una vista esquemática parcial y transversal que ilustra el enlace con los tubos guías en una variante del dispositivo intermedio de refuerzo de la figura 2,

10 - la figura 5 es un gráfico que compara la rigidez de un ensamblaje tradicional y del ensamblaje de la figura 1, antes de la irradiación,

- la figura 6 es una vista similar a la figura 5, después de la irradiación, y

15 - la figura 7 es una vista similar a la figura 3 que ilustra una variante del dispositivo intermedio de refuerzo de la figura 2.

**[0017]** La figura 1 ilustra de manera esquemática un ensamblaje 1 de combustible nuclear de reactor de agua a presión. El ensamblaje 1 se extiende verticalmente y de manera rectilínea a lo largo de una dirección longitudinal A.

**[0018]** El ensamblaje 1 comprende principalmente unos lápices 3 de combustible nuclear y una estructura o esqueleto 5 de soporte de los lápices 3.

25 **[0019]** De manera convencional, los lápices 3 se extienden verticalmente y se disponen en una red sensiblemente regular de base cuadrada, como se puede ver en la figura 3 donde se han representado los lápices 3 en líneas discontinuas.

30 **[0020]** En el ejemplo representado, el ensamblaje 1 comprende un grupo de 264 lápices 3, y en una vista desde arriba, la red forma un cuadrado de 17 lápices de lado. El grupo de lápices 3 posee así cuatro caras laterales 6 de 17 lápices cada una.

**[0021]** El esqueleto de soporte 5 comprende habitualmente:

35 - una boquilla inferior 7 y una boquilla superior 9,  
- unos tubos guías 11 previstos para recibir los lápices de un racimo de mando o de parada no representado, y  
- unas rejillas 13 de sujeción de los lápices 3 a los nudos de la red.

40 **[0022]** Las boquillas 7 y 9 se fijan en las extremidades longitudinales de los tubos guías 11.

**[0023]** Como se puede ver en la figura 3 en la que se ha representado una rejilla de sujeción 13 en líneas discontinuas, cada rejilla de sujeción 13 comprende por ejemplo dos conjuntos de placas 15 entrecruzadas y una cintura periférica 17 que rodea la capa periférica 19 de los lápices 3.

45 **[0024]** La rejilla 13 delimita unas células 20, la mayoría de las cuales recibe un lápiz 3 cada una. Unos resaltes no representados se prevén en las placas 15 para proporcionar apoyos a los lápices 3 y sujetarlos a los nudos de la red. Las otras células 20 reciben cada una un tubo guía 11.

50 **[0025]** De manera convencional también, las rejillas de sujeción 13 se fijan a los tubos guías 11 y son distribuidas en la altura de los lápices 3.

**[0026]** Se puede asegurar la retención axial de los lápices 3 mediante una única rejilla de sujeción 13, por ejemplo la rejilla 13 superior, provista para ello con muelles de empuje de los lápices 3 contra pequeñas protuberancias perfiladas en sus placas 15 o pegadas sobre éstas.

55 **[0027]** Según la invención, el ensamblaje 1 comprende dispositivos intermedios 21 de refuerzo del esqueleto 5 entre las rejillas de sujeción 13.

**[0028]** Por las razones que se exponen a continuación, estos dispositivos de refuerzo 21 no son visibles

desde el exterior del ensamblaje 1, y por tanto, se han representado en líneas discontinuas en la figura 1.

**[0029]** En el ejemplo representado, se prevé un dispositivo intermedio de refuerzo 21 entre cada par de rejillas de sujeción 13.

5

**[0030]** Puesto que la estructura de los dispositivos intermedios de refuerzo 21 es análoga, se describe un único dispositivo 21 en referencia a las figuras 2 y 3. Se observará que solo se han representado secciones de tubos guías 11 en la figura 2. En la figura 3, los tubos guías 11 y el dispositivo intermedio de refuerzo 21 se han representado en negrita.

10

**[0031]** El dispositivo 21 comprende dos series de placas 23 entrecruzadas y fijadas entre sí, por ejemplo mediante soldadura en sus puntos de intersección. Las placas 23, por ejemplo, tienen un espesor de 0,425 mm y una altura comprendida entre aproximadamente 18 y 28 mm. Estas se componen preferiblemente de una aleación de circonio.

15

**[0032]** Las placas 23 delimitan entre sí unas células 25 que reciben cada una un tubo guía 11 y unas células 27 de recepción de los lápices 3. Como se puede ver en la figura 3, algunas de las células 27 son células individuales y reciben únicamente un lápiz 3, mientras que las otras reciben dos o cuatro lápices 3.

20 **[0033]** Las placas 23 del dispositivo intermedio de refuerzo 21 forman una estructura de malla que se extiende únicamente entre los tubos guías 11. Se airea así esta estructura de malla.

**[0034]** De este modo, se limita la extensión transversal de las placas 23, y por tanto del dispositivo de refuerzo 21. Las placas 23 no se extienden esencialmente entre los lápices 3 de la capa periférica exterior 19 de lápices 3, ni tampoco entre esa misma capa 19 y la capa inmediatamente adyacente 29 que comprende, en el ejemplo representado, 15 lápices en cada lado. De hecho, el dispositivo intermedio de refuerzo 21 se detiene a proximidad a esta capa 29.

30 **[0035]** Las placas 23 están desprovistas de medios de sujeción de los lápices 3 y las células 27 poseen así dimensiones superiores a las de los lápices 3 y los rodean con holgura.

**[0036]** Además, el dispositivo intermedio de refuerzo 21 está desprovisto de medios de mezcla del fluido refrigerante que fluye a través del ensamblaje combustible 1, por ejemplo de aletas.

35 **[0037]** El dispositivo intermedio de refuerzo 21 se fija a los tubos guías 11, por ejemplo mediante soldadura de unas zonas 31 (fig.2) ligeramente abombadas de las placas 23. Se puede aplicar dicha soldadura arriba y/o abajo de las placas 23.

40 **[0038]** En una variante ilustrada por la figura 4, se pueden soldar las placas 23 a los tubos guías 11 por medio de unas lengüetas de soldadura 33 que sobresalen con respecto a las placas 23, por ejemplo hacia arriba.

**[0039]** Si el ensamblaje 1 incluye un tubo de instrumentación en vez del tubo guía 11 central, se pueden soldar los dispositivos intermedios de refuerzo 21 sobre este.

45 **[0040]** Gracias a la presencia de los dispositivos intermedios de refuerzo 21, el esqueleto de soporte 5 y en consecuencia el ensamblaje 1 son más rígidos.

50 **[0041]** Eso se confirma en la figura 5, en la que se muestra el resultado de simulaciones de deformaciones laterales de ensamblajes de combustible nuclear antes de la irradiación. En esta figura, el desplazamiento lateral D en mm se muestra en el eje horizontal, y el esfuerzo necesario E en daN para obtener esta deformación se muestra en el eje vertical.

**[0042]** La curva 35 corresponde a un ensamblaje según el estado de la técnica resultante de la fabricación, es decir antes de la irradiación. La curva 37 corresponde al ensamblaje 1 de la figura 1 obtenido mediante el proceso de fabricación. De este modo, la presencia de dispositivos intermedios de refuerzo 21 permite aumentar la rigidez o rigidez lateral del ensamblaje 1 en un 60% al inicio de su vida útil con respecto a un ensamblaje convencional.

**[0043]** La figura 6 ilustra simulaciones análogas realizadas después de la irradiación. La curva 39 corresponde a un ensamblaje convencional y la curva 41 corresponde al ensamblaje 1 de la figura 1. Se mantiene

así el aumento de la rigidez lateral del ensamblaje 1 después de la irradiación, este aumento sigue siendo del 60%.

**[0044]** En consecuencia, al final de su vida útil, el ensamblaje 1 tiene una rigidez equivalente a la de un ensamblaje convencional al inicio de su vida útil. El uso de los dispositivos intermedios de refuerzo 21 para reforzar el esqueleto de soporte 5 permite compensar el efecto de la irradiación.

**[0045]** De hecho, se descubrió que la disminución de la rigidez después de la irradiación de los ensamblajes convencionales se debía a la fluencia de los tubos guías y a las modificaciones de las condiciones de soporte de los lápices 3 por el esqueleto 5, aunque los lápices 3 representaban aproximadamente el 65% de la rigidez de un ensamblaje antes de la irradiación y no representaban más del 40% aproximadamente de esta rigidez después de la irradiación.

**[0046]** La rigidización del esqueleto de soporte 5 por los dispositivos intermedios de refuerzo 21 permite así aumentar la rigidez lateral, incluso después de la irradiación. No obstante, la estructura aireada de los dispositivos de refuerzo 21, los cuales poseen también una extensión transversal reducida, limita las pérdidas de carga en el fluido refrigerante.

**[0047]** Según una variante ilustrada en la figura 7, el dispositivo de refuerzo 21 puede formar una estructura de malla más densa de modo que todas las células 27 sean células individuales que reciban un único lápiz 3.

**[0048]** Esta variante permite incrementar aún más la rigidez lateral del ensamblaje 1 pero aumenta la pérdida de carga en el fluido refrigerante durante el pasaje del ensamblaje 1.

**[0049]** Además, según otra variante no representada, el dispositivo intermedio de refuerzo 21 puede extenderse lateralmente más allá de los tubos guías 11, eventualmente hasta la capa periférica 19 de los lápices 3, y comprender también una cintura exterior. De este modo, el dispositivo 21 forma una estructura de malla análoga a la de una rejilla de sujeción 13. La cintura exterior permite mejorar la resistencia del ensamblaje 1 frente a los choques de manipulación y en situación accidental. En el ejemplo descrito más arriba, el número de placas del dispositivo 21 sería por lo tanto de 36.

**[0050]** De manera más general, los dispositivos intermedios de refuerzo 21 pueden fijarse a los tubos guías por otros medios que soldaduras, por ejemplo por expansión, empalme, etc....

**[0051]** Igualmente, el ensamblaje 1 no incluye necesariamente un dispositivo intermedio de refuerzo 21 entre cada par de rejillas de sujeción 13.

**[0052]** En algunas variantes, los dispositivos intermedios de refuerzo 21 también pueden comprender medios de soporte de los lápices 3.

**[0053]** Por supuesto, se pueden comercializar los dispositivos intermedios de refuerzo 21 solos.

**REIVINDICACIONES**

1. Ensamblaje de combustible nuclear del tipo comprendiendo lápices de combustible nuclear (3) y un esqueleto de soporte (5) con dos boquillas (7, 9), tubos guías (11) que conectan las boquillas, y rejillas (13) de soporte de los lápices fijadas a los tubos guías, el ensamblaje comprendiendo también al menos un dispositivo de malla (21) dispuesto entre dos rejillas de sujeción (13) y fijado a los tubos guías (11), **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo de malla (21) es un dispositivo de refuerzo del esqueleto de soporte (5), dicho dispositivo de malla de refuerzo (21) está desprovisto de medios de mezcla de un fluido refrigerante previsto para fluir a través del ensamblaje de combustible nuclear (1).
- 10 2. Ensamblaje según la reivindicación 1, en el que los lápices (3) de combustible nuclear se disponen en una red sensiblemente regular y el dispositivo de malla de refuerzo (21) no se extiende entre los lápices (3) periféricos.
- 15 3. Ensamblaje según la reivindicación 2, en el que el dispositivo de malla de refuerzo (21) no se extiende entre la capa (19) de lápices periféricos y la capa adyacente (29) de lápices.
- 20 4. Ensamblaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo de malla de refuerzo (21) no incluye medios de soporte de los lápices de combustible nuclear (3).
- 25 5. Ensamblaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo de malla de refuerzo (21) comprende dos conjuntos de placas (23) entrecruzadas y fijadas entre sí, dichas placas delimitando entre sí células (25) de recepción de los tubos guías y células (27) de recepción de los lápices de combustible nuclear.
- 30 6. Ensamblaje según las reivindicaciones 4 y 5 en conjunto, donde las células (27) de recepción de los lápices de combustible nuclear (3) tienen dimensiones superiores a las de los lápices (3) para recibirlos con una holgura.
- 35 7. Utilización, en un ensamblaje (1) de combustible nuclear comprendiendo lápices (3) de combustible nuclear y un esqueleto de soporte (5) con:
- dos boquillas (7, 9),
  - tubos guías (11) que conectan las boquillas, y
  - 40 - rejillas (13) de soporte de los lápices,
- de al menos un dispositivo de malla de refuerzo (21) para reforzar el esqueleto de soporte (5), este dispositivo de malla (21) estando dispuesto entre dos rejillas de sujeción (13) y fijado a unos tubos guías (11), el dispositivo de malla de refuerzo (21) estando desprovisto de medios de mezcla de un fluido refrigerante previsto para fluir a través del ensamblaje de combustible nuclear (1).
- 45 8. Utilización según la reivindicación 7, donde los lápices (3) de combustible nuclear se disponen en una red sensiblemente regular y el dispositivo de malla de refuerzo (21) no se extiende entre los lápices (3) periféricos.
- 50 9. Utilización según la reivindicación 8, donde el dispositivo de malla de refuerzo (21) no se extiende entre la capa (19) de lápices periféricos y la capa adyacente (29) de lápices.
- 55 10. Utilización según una de las reivindicaciones 7 a 9, donde el dispositivo de malla de refuerzo (21) está desprovisto de medios de soporte de los lápices de combustible nuclear.
11. Utilización según una de las reivindicaciones 7 a 10, donde el dispositivo de malla de refuerzo (21) comprende dos conjuntos de placas (23) entrecruzadas y fijadas entre sí, dichas placas delimitando entre sí células (25) de recepción de los tubos guías (11) y células (27) de recepción de los lápices de combustible nuclear (3).
12. Utilización según las reivindicaciones 10 y 11 en conjunto, donde las células (27) de recepción de los lápices de combustible nuclear (3) tienen dimensiones superiores a las de los lápices (3) para recibirlos con holgura.

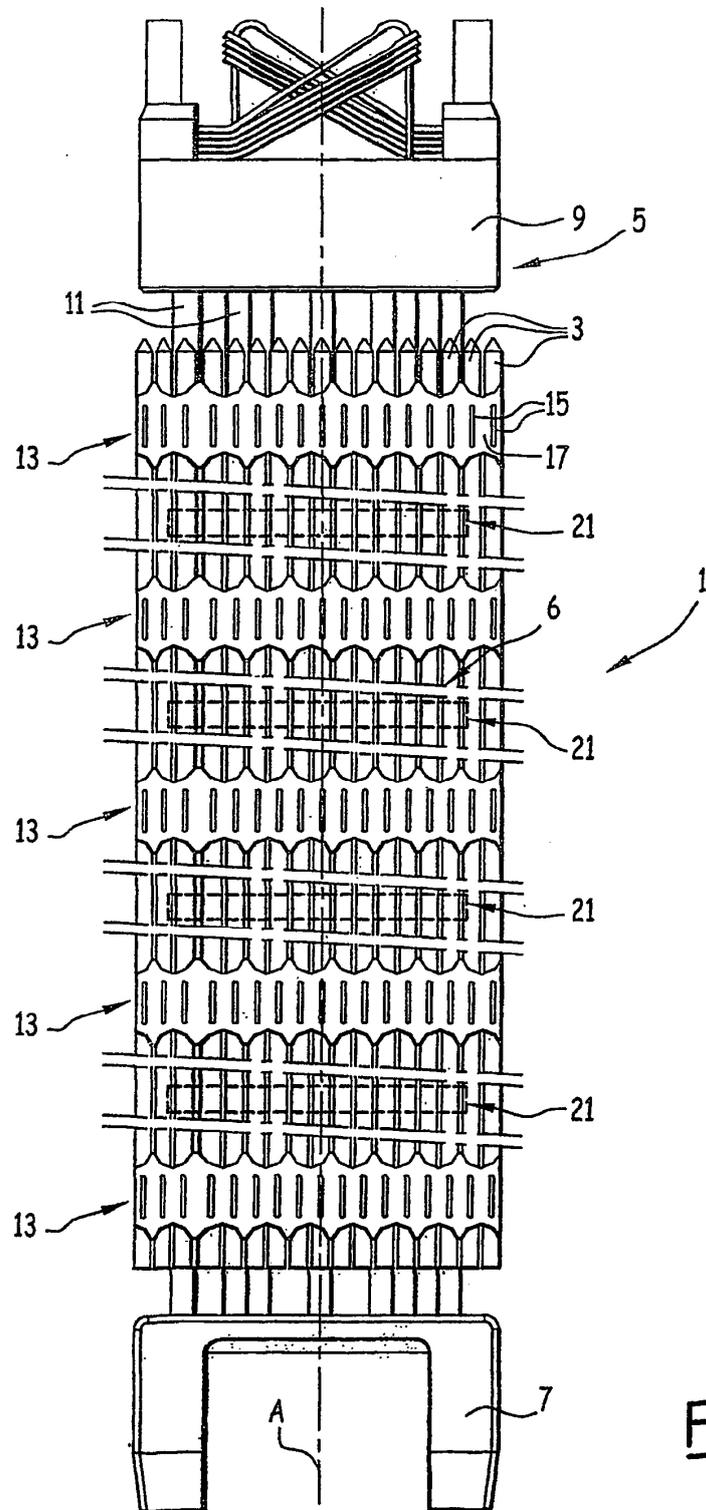


FIG.1

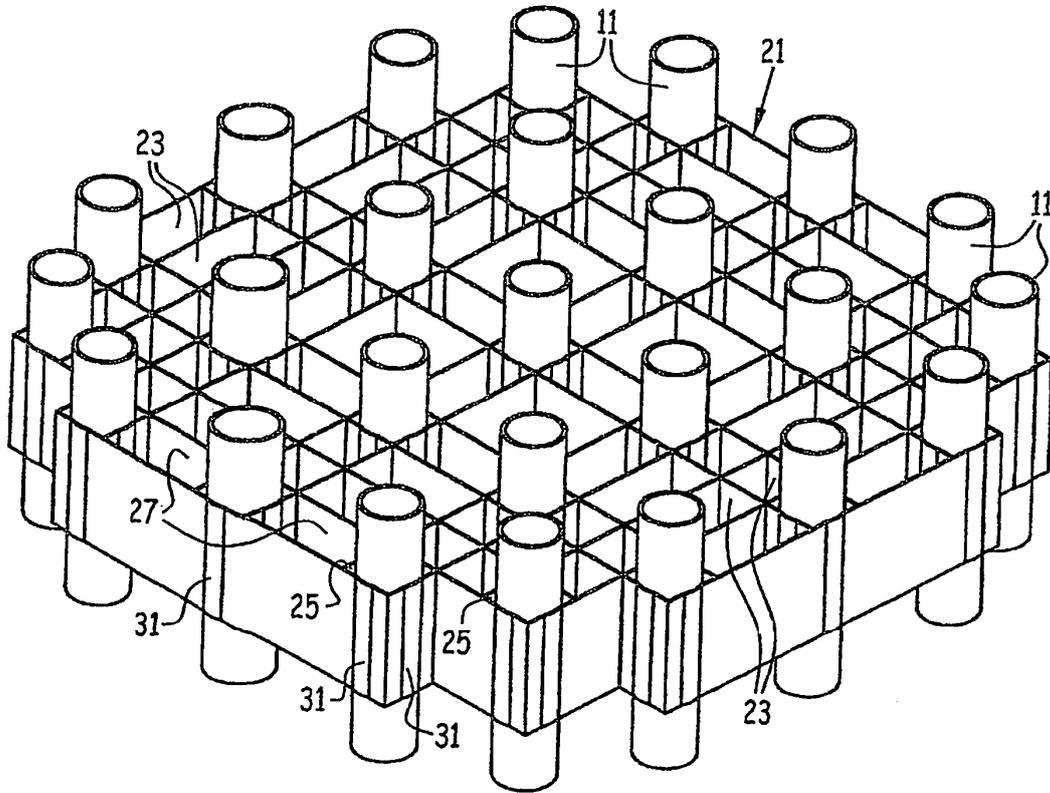


FIG.2

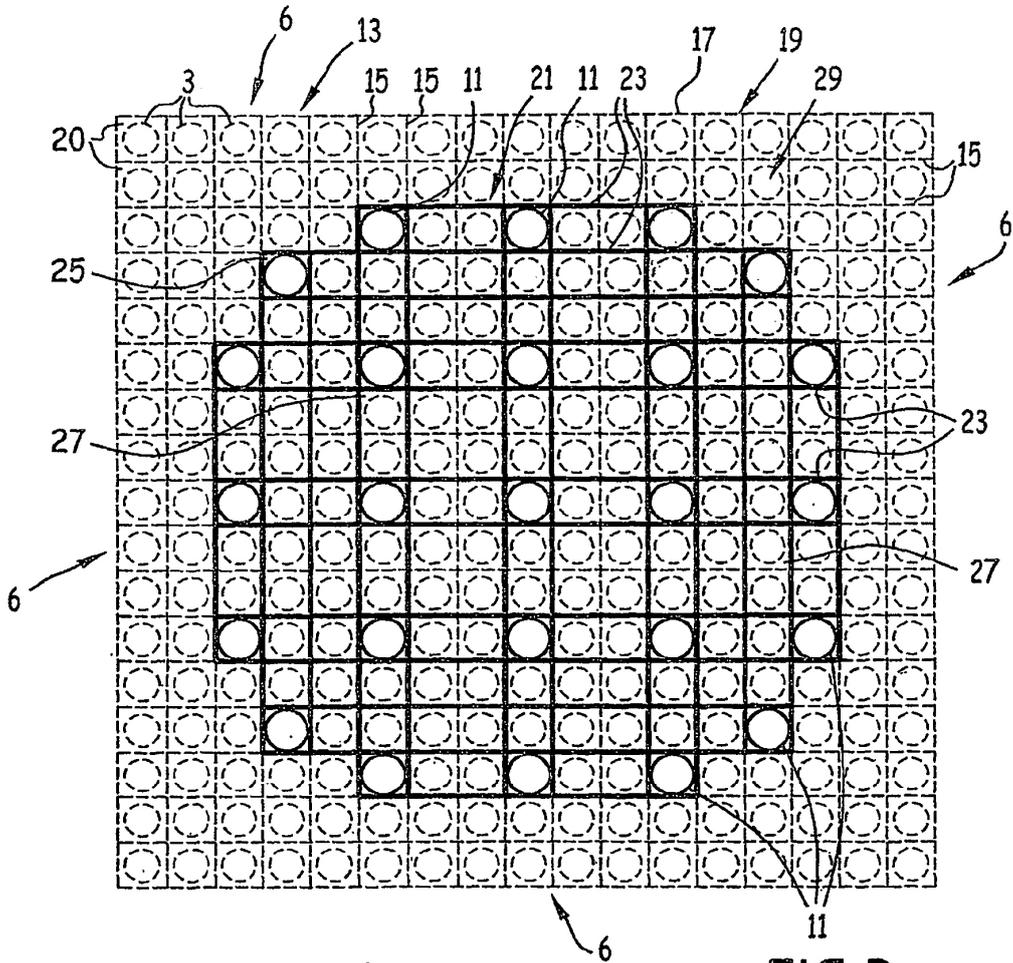


FIG. 3

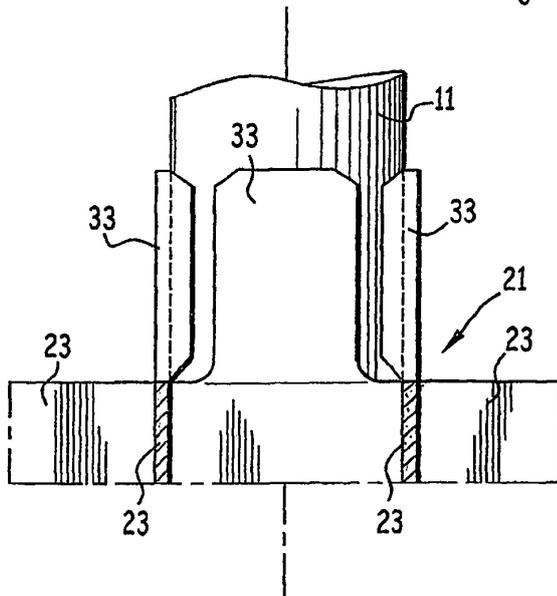


FIG. 4

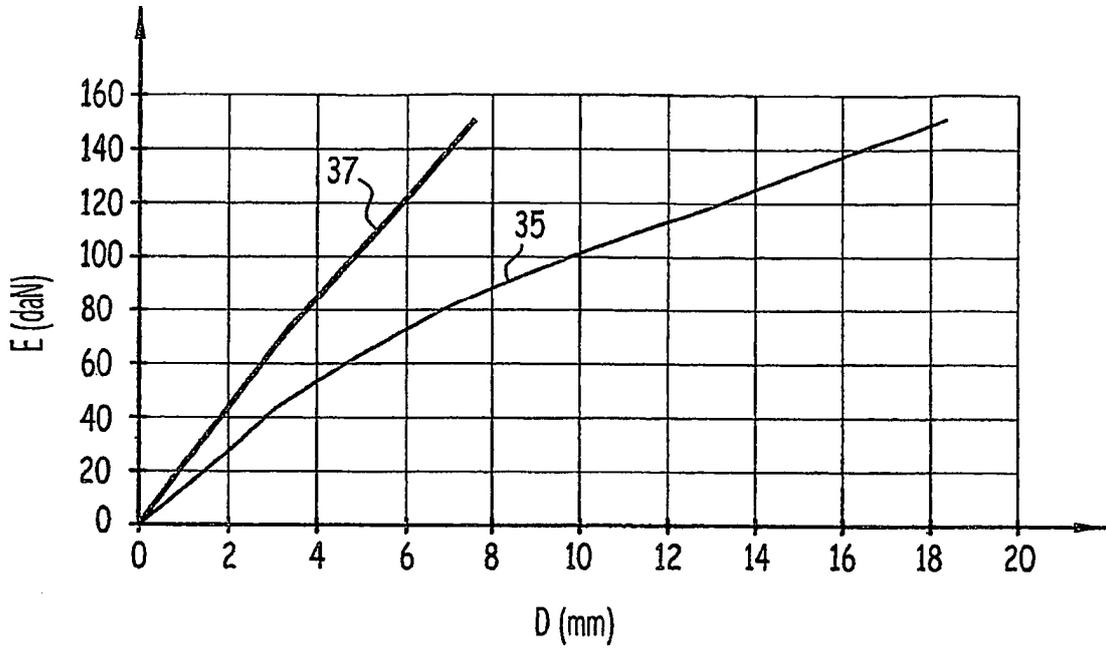


FIG. 5

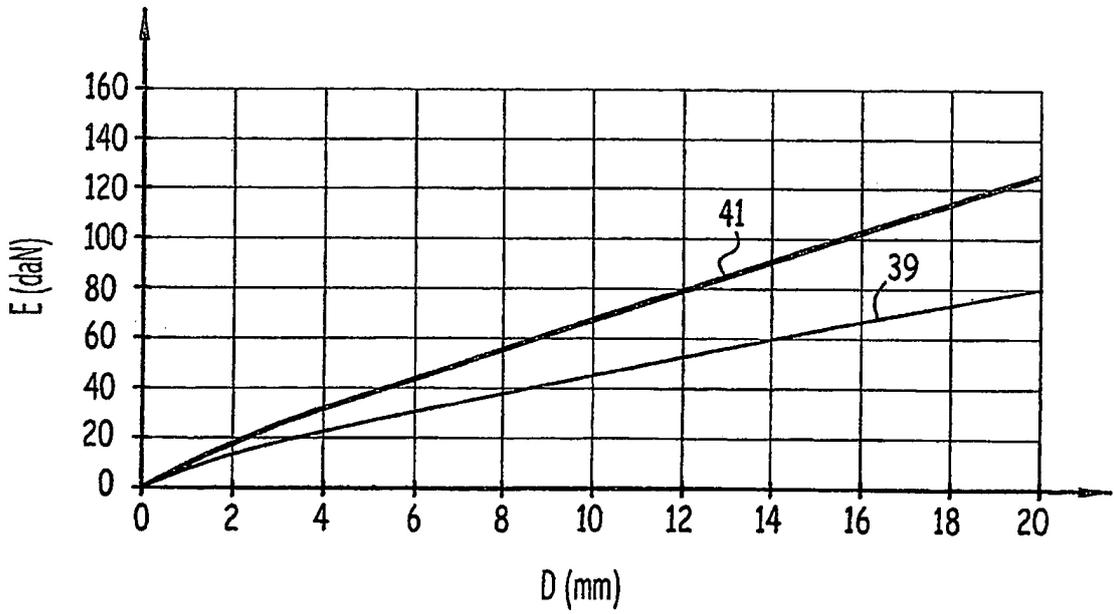


FIG. 6

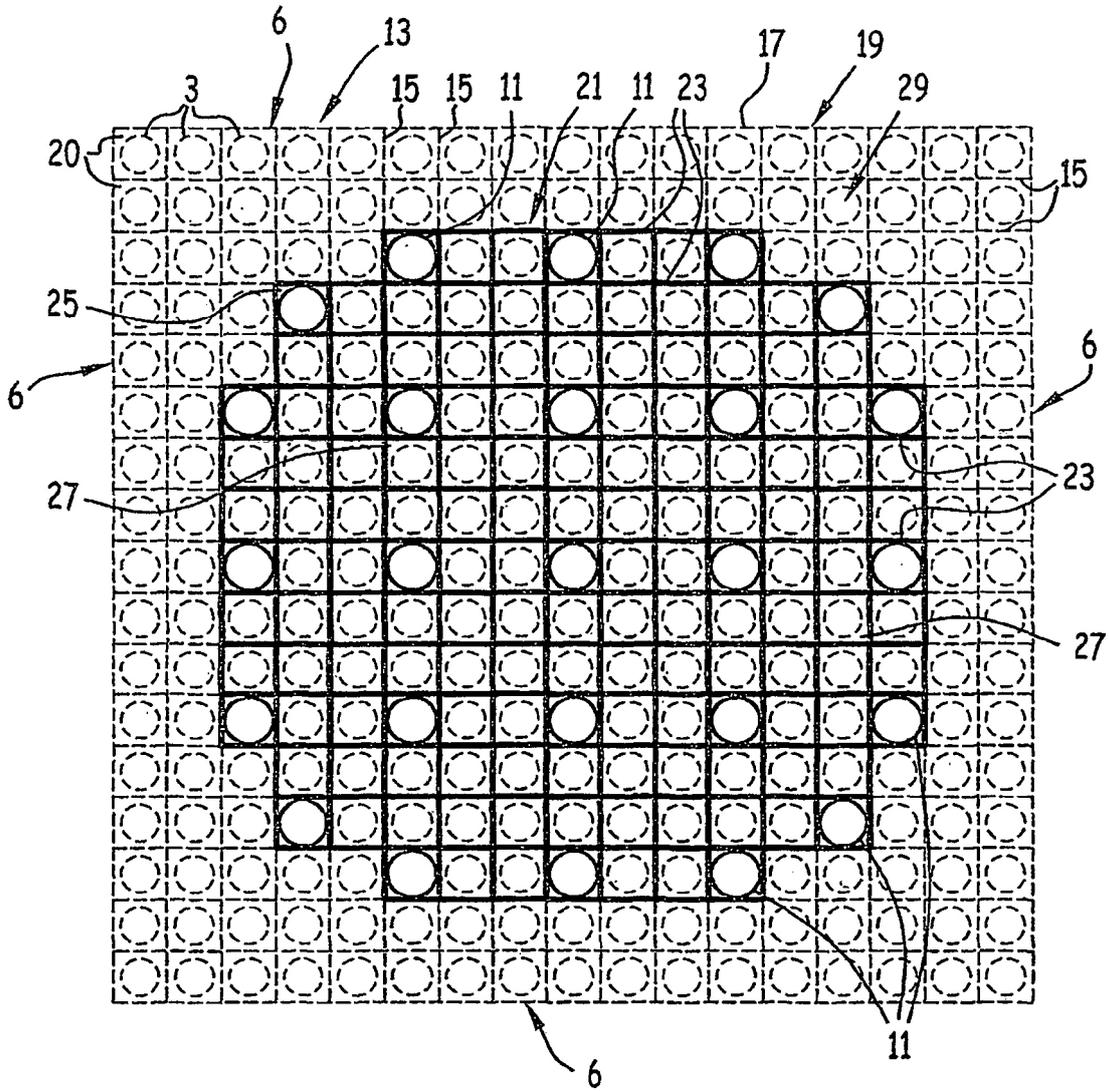


FIG.7