

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 922**

51 Int. Cl.:  
**G21C 3/334** (2006.01)  
**G21C 3/352** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09000025 .8**  
96 Fecha de presentación: **03.01.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2081194**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.07.2009**

54 Título: **Conjunto de combustible de reactor nuclear**

30 Prioridad:  
**15.01.2008 US 14133**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.04.2012**

73 Titular/es:  
**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC**  
**4350 NORTHERN PIKE**  
**MONROEVILLE, PA 15146-2866, US**

72 Inventor/es:  
**Evans, Paul Marcus;**  
**Pearce, Harry A.;**  
**Marzean, Michael A. y**  
**Boatwright, David A.**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

ES 2 378 922 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

Conjunto de combustible de reactor nuclear

**Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

- 5 La presente invención versa, en general, acerca de conjuntos de combustible de reactor nuclear y, más en particular, versa acerca de la conexión entre rejillas de conjuntos de combustible y los manguitos guía de las barras de control.

**2. Descripción de la técnica relacionada**

10 En un reactor nuclear típico, el núcleo del reactor nuclear incluye un gran número de conjuntos de combustible, cada uno de los cuales está compuesto de acoplamiento superior e inferior, también denominados piezas terminales y una pluralidad de rejillas transversales de soporte separados de forma axial a lo largo de los manguitos guía, y fijados a los mismos. Además, cada conjunto de combustible está compuesto de una pluralidad de elementos o barras alargados de combustible separados de forma transversal entre sí y de los manguitos guía, y soportados por las rejillas transversales entre los acoplamiento superiores e inferiores. Cada una de las barras de combustible contiene materia fisiónable y están agrupadas entre sí en un conjunto que está organizado de forma que proporciona un flujo de neutrones en el núcleo suficiente para soportar una tasa elevada de fisión nuclear y, por lo tanto, la liberación de una gran cantidad de energía en forma de calor. Se bombea un refrigerante líquido hacia arriba a través del núcleo para extraer parte de la generación de calor en el núcleo para la producción de trabajo útil. Dado que la tasa de generación de calor en el núcleo del reactor nuclear es proporcional a la tasa de fisión nuclear, y esta, a su vez, está determinada por el flujo de neutrones en el núcleo, se consigue un control de la generación de calor en el arranque, durante la operación, y en la parada del reactor nuclear al variar el flujo de neutrones. En general, esto se lleva a cabo al absorber neutrones sobrantes utilizando barras de control que contienen material absorbente de neutrones. Los manguitos guía, además de ser elementos estructurales del conjunto de combustible, también proporcionan canales para la inserción de las barras de control de absorción de neutrones dentro del núcleo del reactor nuclear. El nivel del flujo de neutrones y, por lo tanto, la producción de calor del núcleo se regula normalmente por medio del movimiento de las barras de control entrando y saliendo de los manguitos guía.

25 Los manguitos guía están conectados de forma rígida en cada extremo respectivamente al acoplamiento superior y al acoplamiento inferior y las rejillas están fijadas de forma fijable a los manguitos guía en ubicaciones de celdas de la rejilla a través de las cuales pasan los manguitos guía. Por lo tanto, el acoplamiento superior, el acoplamiento inferior, los manguitos guía y las rejillas forman los elementos estructurales del conjunto de combustible también conocido como el almacén del conjunto de combustible.

30 Las rejillas se utilizan para mantener de forma precisa la separación entre las barras de combustible en un núcleo de un reactor nuclear, evitar la vibración de las barras, y proporcionar un soporte lateral para las barras de combustible. Las rejillas están fabricadas de materiales con cortes transversales de baja absorción de neutrones tales como acero inoxidable, Inconel, y aleaciones de circonio, tal como Zircaloy, para minimizar la deformación de la rejilla, la captura de neutrones, y la pérdida de integridad estructural durante la irradiación. Los diseños convencionales de las rejillas para conjuntos de combustible nuclear incluyen una pluralidad de flejes interiores entrelazados de rejilla formadas con una configuración de huevera que definen celdas que aceptan las barras de combustible y los manguitos guía. Los extremos de cada uno de los flejes interiores de la rejilla están unidos con un fleje externo de la rejilla, formando las celdas periféricas de la rejilla. Cada celda a través de la que pasan las barras de combustible proporciona un soporte para una barra de combustible en una ubicación axial dada mediante el uso de resortes relativamente resilientes de diversas formas. Para minimizar el desplazamiento lateral de las barras de combustible y para mejorar las características del combustible de un conjunto, se utiliza un número de rejillas a lo largo de la longitud del conjunto de combustible. En un reactor de agua a presión, normalmente se mantiene cada rejilla en su lugar a lo largo del conjunto de combustible por medio de su fijación a los manguitos guía de la barra de control.

45 Los flejes interiores de las rejillas que están unidos en un patrón de huevera están mantenidos generalmente en su lugar por medio de una unión soldada o bronzesoldada en sus ubicaciones intersectantes. Los extremos de los flejes de la rejilla están fijados de forma similar a los flejes perimetrales que los rodean por medio de soldaduras o bronzesoldaduras. Si los flejes están fabricados de Zircaloy o de acero inoxidable, generalmente pueden ser soldados. Si se emplea Inconel o Inconel niquelado, generalmente tienen que ser bronzesoldados. Se utilizan diversos medios de fijación para colocar y fijar los conjuntos de rejilla de separación a los tubos de manguito guía. Estos medios de fijación incluyen la soldadura de las rejillas a los tubos, la bronzesoldadura, el abocardado de los tubos en camisas que están fijadas a las rejillas, y la soldadura de anillos partidos 40 a los manguitos guía 18 directamente por encima y por debajo de los flejes 42 de la rejilla, como se muestra en la Figura 1. Los últimos dos enfoques mecánicos para conectar los manguitos guía a los flejes de las rejillas son necesarios cuando se emplean materiales distintos para los flejes de la rejilla y los manguitos guía, por ejemplo, rejillas de Inconel y manguitos guía de Zircaloy. Pueden surgir problemas con anillos partidos individuales 40 utilizados en ambos lados de los flejes 42 de la rejilla, debido al tamaño de los espacios entre los anillos 40 y los flejes 42 de la rejilla, lo que puede tener como

resultado una carga desigual de los anillos 40, una falta de coplanaridad de los anillos 40, y dificultad para la inspección de los espacios entre el anillo y la rejilla.

5 Los diseñadores buscan constantemente mejorar el medio de fabricación de las rejillas y de los armazones del conjunto de combustible. Las áreas de interés incluyen mecanismos para reducir el esfuerzo de fabricación, y cumplir con las estrictas directrices de diseño o tolerancias, sobre parámetros dimensionales de la rejilla. Consideraciones adicionales incluyen la conservación de la rigidez estructural del armazón del conjunto de combustible. Más en particular, existe específicamente la necesidad de una conexión mejorada entre los flejes de la rejilla y los manguitos guía que acomodará el uso de materiales distintos para los flejes de la rejilla y los manguitos guía. Aunque el Zircaloy tiene un corte transversal de menor captura de neutrones que Inconel, el Inconel tiene una mayor rigidez y una menor tasa de relajación que el Zircaloy y, por lo tanto, es más deseable para ser utilizado como un material de los flejes de la rejilla. La solicitud de patente U.S. con nº de serie 11/764.540, presentada el 18 de junio de 2007 y transferida al cesionario de la presente invención aborda la necesidad de proporcionar una camisa partida que pasa a través de la rejilla que se extiende desde encima de los flejes de la rejilla hasta una distancia por debajo de los flejes de la rejilla. El diámetro sin comprimir de la camisa es igual o mayor que el diámetro de la celda a través de la cual se extiende del manguito guía. Preferentemente, la camisa está fabricada de un material resiliente que es el mismo que el del manguito guía, o es compatible con la soldadura. Se comprime la camisa y en su condición comprimida es insertada a través de la celda correspondiente de la rejilla con una porción de la camisa que se extiende por encima y por debajo de los flejes de la rejilla. Entonces, se permite que la camisa se expanda hasta su condición sin comprimir, fijando de ese modo la camisa dentro de la celda del manguito guía. Entonces, se puede soldar la camisa al fleje de la rejilla, o puede fijarse de otra manera al mismo. Cuando la camisa está fijada dentro de la celda, se puede insertar y soldar el manguito guía, o puede fijarse de otra manera, en cualquier extremo de la camisa o en ambos extremos de la camisa. Aunque esta disposición proporciona una conexión fija entre los flejes de la rejilla y los manguitos guía cuando se emplean materiales distintos siguen deseándose medios adicionales que aumentarán la rigidez de la conexión.

25 Los documentos US 4135972 y US 4692303 dan a conocer ejemplos de conjuntos de combustible de la técnica anterior.

### **Resumen de la invención**

30 La presente invención consigue una mejora en la fabricación de conjuntos de combustible nuclear al proporcionar una conexión mejorada entre los flejes de la rejilla que rodean las celdas a través de las cuales pasan los manguitos guía y los manguitos guía cuando se emplean materiales distintos para los manguitos guía y los flejes de la rejilla. La mejora comprende una camisa que pasa a través de la rejilla que se extiende desde encima de los flejes de la rejilla hasta una distancia por debajo de los flejes de la rejilla de las celdas a través de las cuales pasan los manguitos guía. La camisa que pasa a través de la rejilla tiene un diámetro que es mayor o igual que una anchura axialmente transversal de la celda del manguito guía y está fijada de forma mecánica o metalúrgica a al menos una pared de la celda. El manguito guía se extiende a través de la camisa que tiene una primera abertura en una pared de la camisa en una primera porción de la camisa que se extiende desde un extremo de la celda y una segunda abertura en la pared de la camisa en una segunda porción de la camisa que se extiende desde un segundo extremo de la celda. Se encaja un primer anillo de soldadura sobre una circunferencia de la primera porción, y circunscribe al menos en parte a la misma, de la camisa y está soldado directamente al manguito guía a través de la primera abertura. Se encaja un segundo anillo de soldadura sobre una circunferencia de la segunda porción, y circunscribe al menos en parte a la misma, de la camisa y está soldado directamente al manguito guía a través de la segunda abertura.

45 Preferentemente, los anillos primero y segundo de soldadura tienen una ranura axial que permite que sean colocados fácilmente sobre la camisa que pasa a través de la rejilla y encajan de forma ajustada en torno a la camisa. En una realización adicional los anillos de soldadura tienen proyecciones que se extienden radialmente hacia dentro en línea con las aberturas en los anillos de soldadura para asentarse firmemente contra el manguito guía. De forma deseable, la camisa que pasa a través de la rejilla también encaja de forma ajustada en el manguito guía, de forma que tanto los anillos de soldadura como la camisa mantienen su posición durante el montaje para la fijación.

50 En otra realización, la camisa que pasa a través de la rejilla está dotada de una o más ventanas en una porción central axial de la camisa con el reborde superior y el reborde inferior de la ventana alineados con el reborde superior y el reborde inferior de los flejes de la rejilla que rodean la camisa. Preferentemente, la camisa está fijada firmemente a los flejes de la rejilla y los anillos de soldadura están soldados al manguito guía proporcionando una unión rígida entre el manguito guía y la rejilla.

### **Breve descripción de los dibujos**

55 Se puede obtener una comprensión adicional de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes cuando es leída junto con los dibujos adjuntos en los que:

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de una conexión de anillo partido de la técnica anterior de un manguito guía a una celda de rejilla de combustible;

la Fig. 2 es una vista en alzado del conjunto de combustible, ilustrado en forma verticalmente acortada, y de un conjunto de control para el mismo, mostrado parcialmente en un dibujo con línea discontinua;

la Fig. 3 es una vista en planta del conjunto de soporte de la rejilla de la presente invención que muestra el patrón general de la rejilla confinado dentro de un fleje perimetral;

5 la Fig. 4 es una vista en perspectiva de la camisa que pasa a través de la rejilla de la presente invención;

la Fig. 5 es una vista en perspectiva de una camisa alternativa a la mostrada en la Fig. 4;

la Fig. 6 es una vista en perspectiva de un anillo de soldadura de la presente invención; y

la Fig. 7 es una vista en perspectiva de la unión ensamblada de la presente invención.

### **Descripción de las realizaciones preferentes**

10 En aras de la conveniencia, se describirá la presente invención con referencia a un reactor de agua a presión, aunque se debería apreciar que la presente invención puede ser utilizada con otros diseños de reactor que empleen tubos guía similares dentro de una estructura de soporte de celdas, o cualquier otra aplicación que requiera la conexión de camisas anulares de materiales distintos que requieran una conexión soldada. En consecuencia, no se quiere decir que la referencia a un reactor de agua a presión sea limitante para el alcance de la invención.

15 Las expresiones direccionales utilizados en el presente documento, tales como, por ejemplo, superior, inferior, arriba, abajo, izquierda, derecha y derivados de las mismas casi siempre se relacionan con la orientación de los elementos mostrados en los dibujos y no se quiere decir que sean limitantes de las reivindicaciones, a no ser que se indique expresamente en las mismas. Según se emplea en el presente documento, la afirmación de que dos o más piezas están "acopladas" entre sí significará que las piezas están unidas entre sí, bien de forma directa o bien unidas mediante el uso de una o más piezas intermedias. Además, según se emplea en el presente documento, el término "número" hará referencia a una y a más de una, es decir, una pluralidad.

20

### **Conjunto de combustible**

Con referencia ahora a los dibujos, y en particular de la Fig. 2, se muestra una vista en alzado de un conjunto de combustible de reactor nuclear, representado en forma verticalmente acortada y estando designado en general por medio del número 10 de referencia. El conjunto 10 de combustible es el tipo utilizado en un reactor de agua a presión y tiene un armazón estructural que, en su extremo inferior, incluye un acoplamiento 12 para soportar el conjunto 10 de combustible en una placa inferior 14 de soporte del núcleo en la región del núcleo del reactor nuclear (no mostrado), un acoplamiento superior 16 en su extremo superior, y un número de tubos o manguitos guía 18 que se extienden de forma longitudinal entre extremos opuestos, y están acoplados de forma rígida en los mismos, con los acoplamientos inferior y superior 12 y 16.

25

30

El conjunto 10 de combustible incluye, además, una pluralidad de rejillas transversales 20 separados axialmente a lo largo de los tubos 18 de manguito guía, y están montadas en los mismos, y un conjunto organizado de barras alargadas 22 de combustible separado de forma transversal y soportado por las rejillas 20. El conjunto 10 también tiene un tubo 24 de instrumentación ubicado en el centro del mismo y que se extiende entre los acoplamientos inferior y superior 12 y 16, y está montado en los mismos. En vista de la anterior disposición de piezas, se debería comprender que el conjunto 10 de combustible forma una unidad integral capaz de ser manipulada convenientemente sin dañar el conjunto de piezas.

35

Como se ha expuesto anteriormente, las barras 22 de combustible en el conjunto 10 de combustible son mantenidas en una relación separada entre sí por medio de las rejillas 20 que están separadas a lo largo de la longitud del conjunto de combustible. Cada barra 22 de combustible incluye pastillas 26 de combustible nuclear y está cerrada en sus extremos opuestos por tapones extremos superior e inferior 28 y 30 de cierre. Se mantienen las pastillas 26 en una pila por medio de un resorte 32 del plenum dispuesto entre el tapón extremo superior 28 de cierre y la parte superior de la pila de pastillas. Las pastillas 26, compuestas de materia fisionable, son responsables para la creación de la potencia reactiva del reactor. Se bombea un moderador/refrigerante líquido tal como agua, o agua que contiene boro, hacia arriba a través de una pluralidad de aberturas de flujo en la placa inferior 14 del núcleo al conjunto de combustible. El acoplamiento inferior 12 del conjunto 10 de combustible pasa el refrigerante hacia arriba hacia los tubos 18 de guía y a lo largo de las barras 22 de combustible del conjunto, para extraer el calor generado en las mismas para la producción de trabajo útil. Para controlar el proceso de fisión, un número de barras 34 de control son amovibles de forma alternativa en los tubos 18 de guía ubicados en posiciones predeterminadas en el conjunto 10 de combustible. Un conjunto 39 de tipo araña colocado encima del acoplamiento superior 16 soporta las barras 34 de control que se extienden hacia abajo desde las aletas 38 que se extienden de forma radial desde un cubo central 36.

40

45

50

La Fig. 3 ilustra un conjunto de celdas de 17 por 17, aunque se debería apreciar que la aplicación de los principios de la presente invención no se ve afectada por el número de barras 22 de combustible en el conjunto 10 de combustible. Los flejes de la rejilla que forman los miembros ortogonales 44 y 46 mostrados en la Fig. 3 tienen un

55

diseño sustancialmente idéntico. Aunque los flejes 44 y 46 de la rejilla son sustancialmente idénticos, se debería apreciar que el diseño de algunos de los flejes 44 de la rejilla variará con respecto a otros flejes 44 de la rejilla al igual que algunos de los flejes 46 varían con respecto a otros flejes 46, para acomodar los manguitos guía 18, como se podrá apreciar mejor por referencia a la Fig. 3, que muestra la ubicación de las celdas 48 de los manguitos que acomodan los tubos 18 de manguito.

Como se ha mencionado anteriormente, la rejilla interior de los diseños convencionales de las rejillas 20 para conjuntos 10 de combustible de reactores nucleares incluye una pluralidad de flejes internos entrelazados 44 y 46 que forman una configuración de huevera que define celdas que aceptan las barras 22 de combustible. Se habilita el diseño entrelazado por medio de ranuras opuestas cortadas verticalmente en los flejes internos 44 y 46 en ubicaciones intersectantes, que se unen para formar la configuración de huevera, como se conoce comúnmente en la técnica. Los extremos de cada una de los flejes internos 44 y 46 de la rejilla están conectados a un fleje externo 50 de la rejilla para formar las celdas periféricas de la rejilla 20. La mayor parte de las celdas individuales de la rejilla 20 proporcionan soporte para una barra 22 de combustible en una ubicación axial dada mediante el uso de la combinación de resortes relativamente resilientes 52 y pestañas 54 de diversas formas. El fleje externo 50 de la rejilla rodea los flejes internos 44 y 46 de la rejilla para impartir resistencia y rigidez a la rejilla 20. Las celdas 48 a través de las cuales se extienden los manguitos guía pueden ser identificadas en la Fig. 3 como las celdas sin pestañas ni resortes.

Como se ha indicado anteriormente, los manguitos guía de la barra de control están fijados firmemente, preferentemente, a las rejillas 20 y a los acoplamientos o piezas terminales superior e inferior 16 y 12 para formar un armazón rígido de conjunto de combustible. Los medios de fijación entre los manguitos guía 18 y las rejillas 20 empleados en el pasado incluyen la soldadura de las rejillas 20 directamente a los manguitos guía 18, el abocardado de los manguitos guía 18 en camisas que están fijadas a las rejillas 20, y la soldadura de camisas partidas a los manguitos guía 18 directamente por encima y por debajo de los flejes de la rejilla, como se muestra en la Fig. 1. Este último enfoque ha sido empleado en diversos diseños que incorporan rejillas de Inconel y tubos de guía de circonio dado que la soldadura de tales materiales distintos es problemática. Sin embargo, el uso de camisas partidas por encima y por debajo de la rejilla no proporciona una unión rígida entre los manguitos guía y la rejilla. Además, los anillos partidos por encima y por debajo de la rejilla también tienen su inconveniente porque los espacios entre las camisas y los flejes de la rejilla pueden tener como resultado una carga desigual de las camisas, una falta de coplanaridad de las camisas y hacer que sea difícil una inspección de los espacios entre la camisa y la rejilla. Además, el abocardado de los tubos de guía en camisas que están fijadas a las rejillas no crea una unión tan rígida y deseable como una unión soldada.

Según la presente invención, los manguitos guía 18 de la barra de control están fijados a los flejes 44 y 46 de la rejilla que rodean las celdas 48 que emplean una camisa 56 que pasa a través de la rejilla y una unión de anillo de soldadura eléctrica por puntos. En la Fig. 7 se ilustra la unión montada y las piezas componente se muestran con más claridad en las Figuras 4, 5 y 6.

La realización preferente de la unión 66 de anillo de soldadura eléctrica por puntos emplea una camisa 56 de acero inoxidable (Fig. 4), que normalmente está bronzesoldada a la rejilla de Inconel utilizando un número de ventanas 58 que se extienden de forma longitudinal una distancia por encima y por debajo del centro axial de la camisa 56, preferentemente una longitud igual a la anchura de los flejes 44 y 46 de la rejilla. En la presente realización se muestran igualmente cuatro ventanas tales 58, separadas de forma circunferencial en torno a la camisa 56; una para cada pared de la celda 48. La camisa tiene un número de ventanas adicionales 60 por encima y por debajo de las ventanas 58. En la realización ilustrada en la Fig. 4 se muestran ocho ventanas rectangulares adicionales 60, cuatro por encima y cuatro por debajo de las ventanas 58. Las ventanas 60 se utilizan para hacer contacto con un anillo 64 de soldadura eléctrica por puntos ilustrado en la Fig. 6. Preferentemente, el anillo 64 de soldadura eléctrica por puntos está fabricado de un material de aleación de circonio y en una realización preferente ilustrada en la Fig. 6 está formado de manera que las secciones salientes (formadas, por ejemplo, mediante estampado) 68 hacia dentro de forma radial encajarán de forma ajustada en el interior de las ventanas 60 en la camisa 56 y el exterior de la camisa 56 estará en contacto estrecho con el interior del anillo 64 de soldadura eléctrica por puntos. El anillo 64 tiene una ranura 70 que proporciona algo de flexibilidad a la parte que va a ser expandida mientras se monta sobre la camisa 56 de acero inoxidable. Para ayudar en la fabricación del armazón del conjunto de combustible, el anillo 64 estaría fabricado normalmente de forma que el anillo instalado encajase de forma ajustada en torno a la camisa 56 antes de la soldadura por resistencia eléctrica al tubo de guía en las secciones 68 que sobresalen hacia dentro de forma radial, en vez de ser un encaje holgado que tendría que ser apretado mecánicamente antes de la soldadura. De forma similar, la camisa 56 puede estar dotada de una ranura longitudinal 62, como se muestra en la Fig. 5, de forma que su diámetro pueda ser reducido ligeramente mediante compresión mientras que es insertada en la celda 48 donde puede ser expandida para encajar firmemente dentro de la celda, descansando los rebordes superior e inferior de las ventanas 58 sobre los bordes de los flejes 44 y 46. Después de que se instala el anillo 64, se suelda por resistencia eléctrica el anillo en las ubicaciones de las ocho ventanas directamente al tubo 18 de manguito. En la Fig. 7 se ilustra el conjunto completado de la unión y este proporciona un soporte lateral al igual que axial de la rejilla de separación de Inconel.

Desde una perspectiva del diseño, la unión 66 proporciona una conexión más rígida que las camisas partidas individuales ilustradas en la Fig. 1. Esto tiene una importancia particular cuando se emplea el diseño de la presente invención en una rejilla ubicada en una ubicación distinta de la rejilla superior, dado que la rigidez de la conexión entre la rejilla y el tubo de manguito afecta a la rigidez lateral del armazón. La rigidez lateral del conjunto del armazón tiene una importancia particular por consideraciones sísmicas/LOCA (Accidente por pérdida de refrigerante) al igual que para mantener un conjunto recto para la inserción de la barra de control. Además, la unión proporciona más soporte axial que las camisas partidas individuales dado que los anillos de soldadura eléctrica por puntos tanto superior como inferior actuarán para resistir el movimiento axial de la rejilla, mientras que únicamente una de las camisas actuaba para resistir el movimiento axial en el diseño de camisas partidas individuales. Se puede establecer la longitud de la ventana y la altura del anillo de soldadura eléctrica por puntos de forma que exista un espacio mínimo entre las piezas. Desde un punto de vista de la fabricación, el diseño 66 de la unión está colocado automáticamente de forma axial en el conjunto dado que las camisas están fijadas de forma rígida a la rejilla. Con el diseño actual de camisas partidas, cada camisa debe ser colocada individualmente. La experiencia de fabricación ha demostrado que mantener un espacio apropiado entre la rejilla y la camisa es problemático debido al diseño de las camisas partidas individuales. Desde una perspectiva de control de calidad del producto, el diseño de la presente invención requiere menos inspecciones dado que el espacio entre la camisa y los anillos de soldadura eléctrica por puntos está fijado por el diseño de las piezas y no es susceptible de variaciones en el procedimiento.

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 teniendo en cuenta las enseñanzas generales de la revelación. En consecuencia, se pretende que las realizaciones particulares dadas a conocer solo sean ilustrativas, sin limitar el alcance de la invención, a la que se le debe dar la amplitud completa de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de combustible para un reactor nuclear que comprende:
  - una pieza terminal superior (16);
  - una pieza terminal inferior (12);
- 5 una pluralidad de manguitos guía alargados (18) que se extienden respectivamente en una dirección axial entre extremos opuestos, y están conectados en los mismos, con la pieza terminal superior (16) y la pieza terminal inferior (12); y
  - una pluralidad de rejillas transversales (20) dispuestas en un conjunto separado en tándem entre la pieza terminal superior y la pieza terminal inferior, formadas al menos algunas de dichas rejillas (20) de una pluralidad de flejes intersectantes ortogonales que definen celdas (48) en la intersección de cada cuatro flejes adyacentes (44, 46), extendiéndose los manguitos guía (18) respectivamente a través de al menos algunas de dichas celdas, y conectados fijamente a las mismas, comprendiendo la conexión entre al menos algunos de dichos manguitos guía (18) y al menos algunas de las celdas correspondientes (48) a través de las cuales pasan los manguitos guía (18);
- 10 una camisa tubular alargada (56) que tiene una longitud en la dirección axial mayor que una anchura en la dirección axial de los flejes (44, 46) de la rejilla de la celda (48) a través de la cual pasa el manguito guía correspondiente (18) y que tiene un diámetro que es mayor o sustancialmente igual que una anchura axialmente transversal de la celda (48) a través de la cual pasa el manguito guía correspondiente, extendiéndose la camisa tubular alargada (56) a través y por encima y por debajo de la celda (48) a través de la cual pasa el manguito guía correspondiente (18) fijado mecánica o metalúrgicamente a al menos una pared de la celda (48) a través de la cual pasa el manguito guía correspondiente, extendiéndose el manguito guía (18) a través de la camisa correspondiente (56), teniendo la camisa tubular una primera abertura (60) en una pared de la camisa en una primera porción de la camisa que se extiende desde un extremo de la celda; y
- 15 un primer anillo (64) de soldadura encajado sobre una circunferencia, y que circunscribe al menos en parte a la misma, de la primera porción de la camisa (56) y soldado al manguito guía (18) a través de la primera abertura (60).
2. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que la camisa tubular (56) tiene una segunda abertura (60) en la pared de la camisa en una segunda porción de la camisa que se extiende desde un segundo extremo de la celda (48), comprendiendo además el conjunto de combustible un segundo anillo (64) de soldadura encajado sobre una circunferencia, y que circunscribe al menos en parte a la misma, de la segunda porción de la camisa y soldado al manguito guía (18) a través de la segunda abertura (60).
3. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que hay formada una ventana (58) en una porción central axial de la camisa (56), teniendo la ventana un reborde superior y un reborde inferior, siendo la separación entre el reborde superior y el reborde inferior sustancialmente igual a la anchura axial de los flejes (44, 46) de la rejilla que rodean la camisa (56) cuando la camisa está insertada en la celda (48).
4. El conjunto de combustible de la Reivindicación 3, en el que el reborde superior descansa al menos parcialmente sobre el borde superior de los flejes (44, 46) de la rejilla que rodean la camisa (56).
5. El conjunto de combustible de la Reivindicación 4, en el que el reborde inferior descansa al menos parcialmente contra un borde inferior de los flejes (44, 46) de la rejilla que rodean la camisa (56).
6. El conjunto de combustible de la Reivindicación 3, en el que la ventana (58) está troquelada en una pared de la camisa (56).
7. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que la camisa (56) tiene una ranura axial (62) que se extiende toda la longitud de la camisa.
8. El conjunto de combustible de la Reivindicación 7, en el que la camisa (56) está construida de un material resiliente.
9. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que la camisa (56) está soldada o bronzesoldada al fleje (44, 46) de la rejilla.
10. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que el manguito guía (18) y el primer anillo (64) de soldadura están contruidos de circonio o de una aleación de circonio y la camisa (56) está construida de acero inoxidable.

## ES 2 378 922 T3

11. El conjunto de combustible de la Reivindicación 10, en el que los flejes (44, 46) de la rejilla están contruidos de Inconel.
12. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que el primer anillo (64) de soldadura tiene una ranura axial.
- 5 13. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que el primer anillo (64) de soldadura tiene una protrusión (68) que se extiende hacia dentro de forma radial y se asienta en la primera abertura en la camisa (56).
14. El conjunto de combustible de la Reivindicación 13, en el que la protrusión (68) en el primer anillo (64) de soldadura está soldada al manguito guía (18).
- 10 15. El conjunto de combustible de la Reivindicación 14, en el que la protrusión (68) en el primer anillo (64) de soldadura está estampada al interior del primer anillo de soldadura.
16. El conjunto de combustible de la Reivindicación 13, en el que la primera abertura (60) comprende una pluralidad de primeras aberturas (60) separadas circunferencialmente en torno a la primera porción de la camisa (56) y la protrusión (68) en el primer anillo (64) de soldadura comprende una pluralidad de protrusiones (68) separadas circunferencialmente en torno al primer anillo de soldadura para corresponderse con las primeras aberturas.
- 15 17. El conjunto de combustible de la Reivindicación 1, en el que el primer anillo (64) de soldadura está encajado de forma ajustada en torno a la primera porción de la camisa (56).

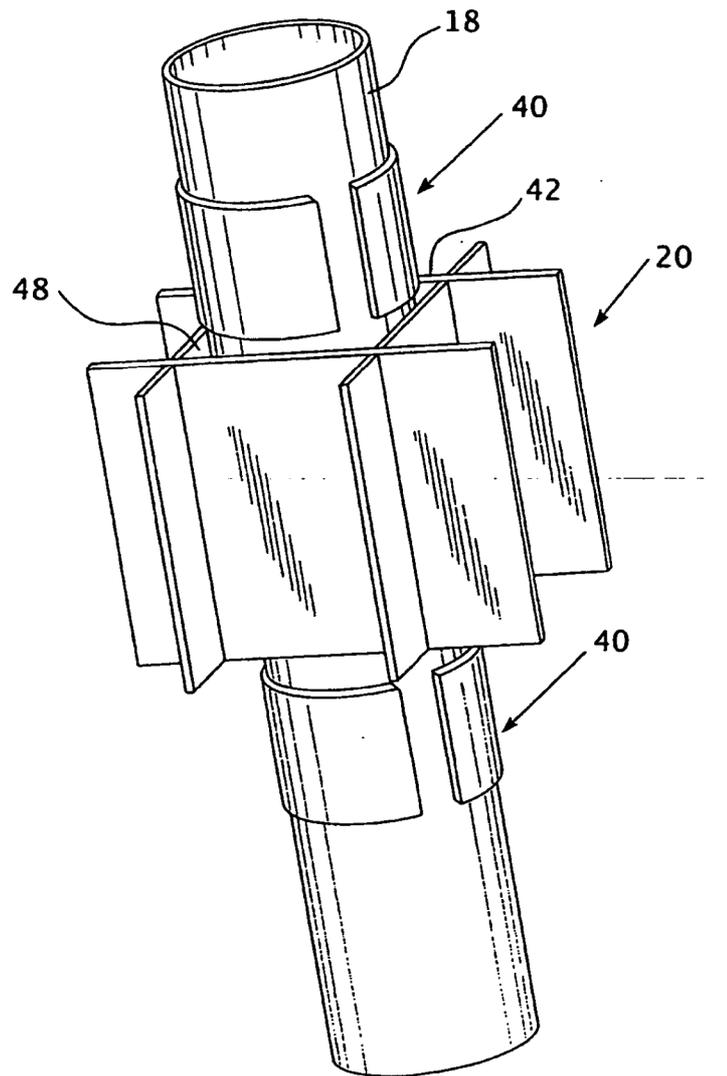


FIG. 1 Técnica anterior



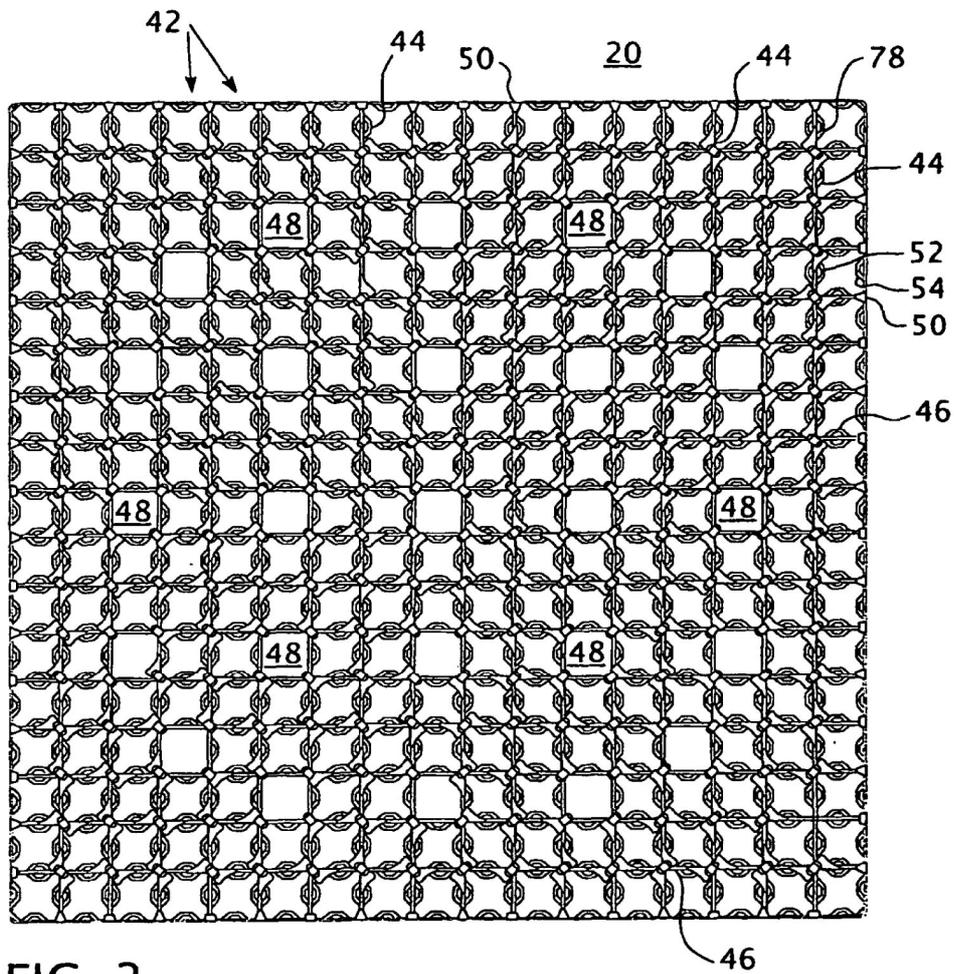


FIG. 3

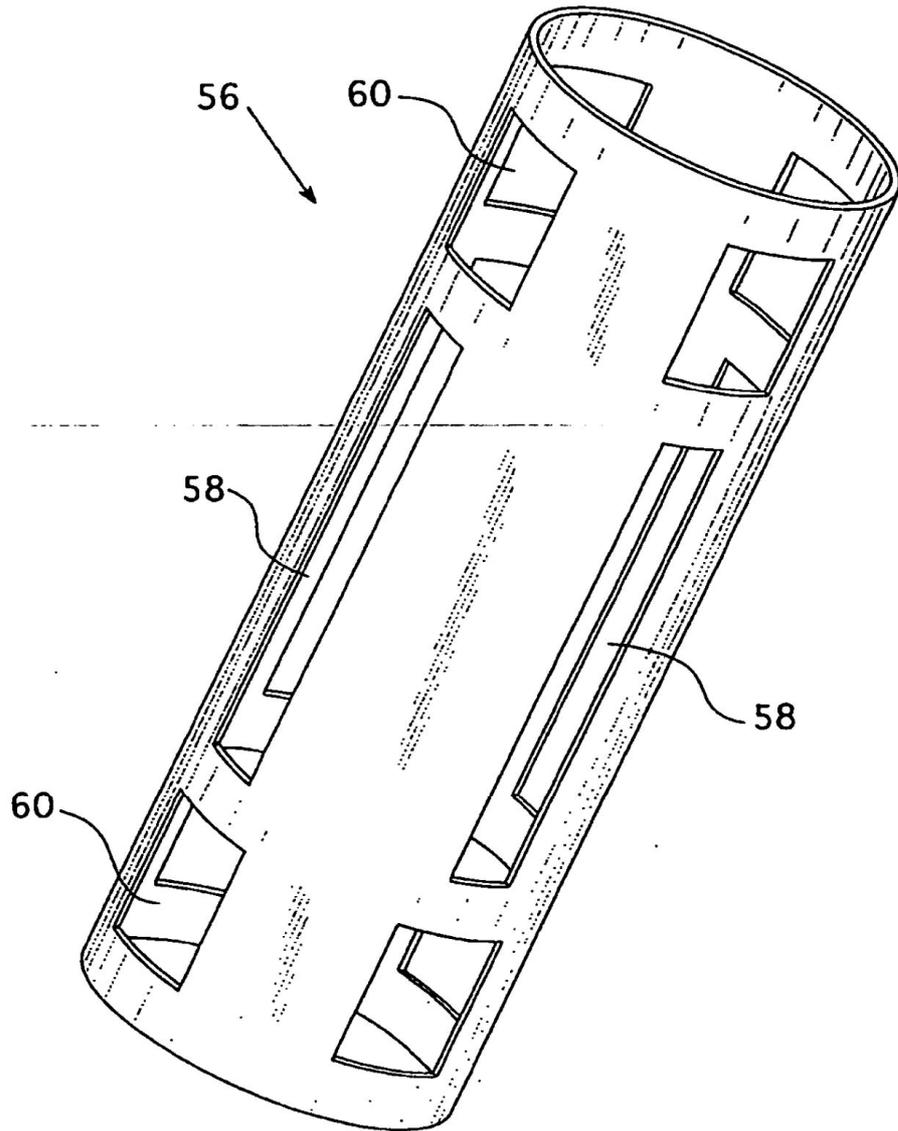


FIG. 4

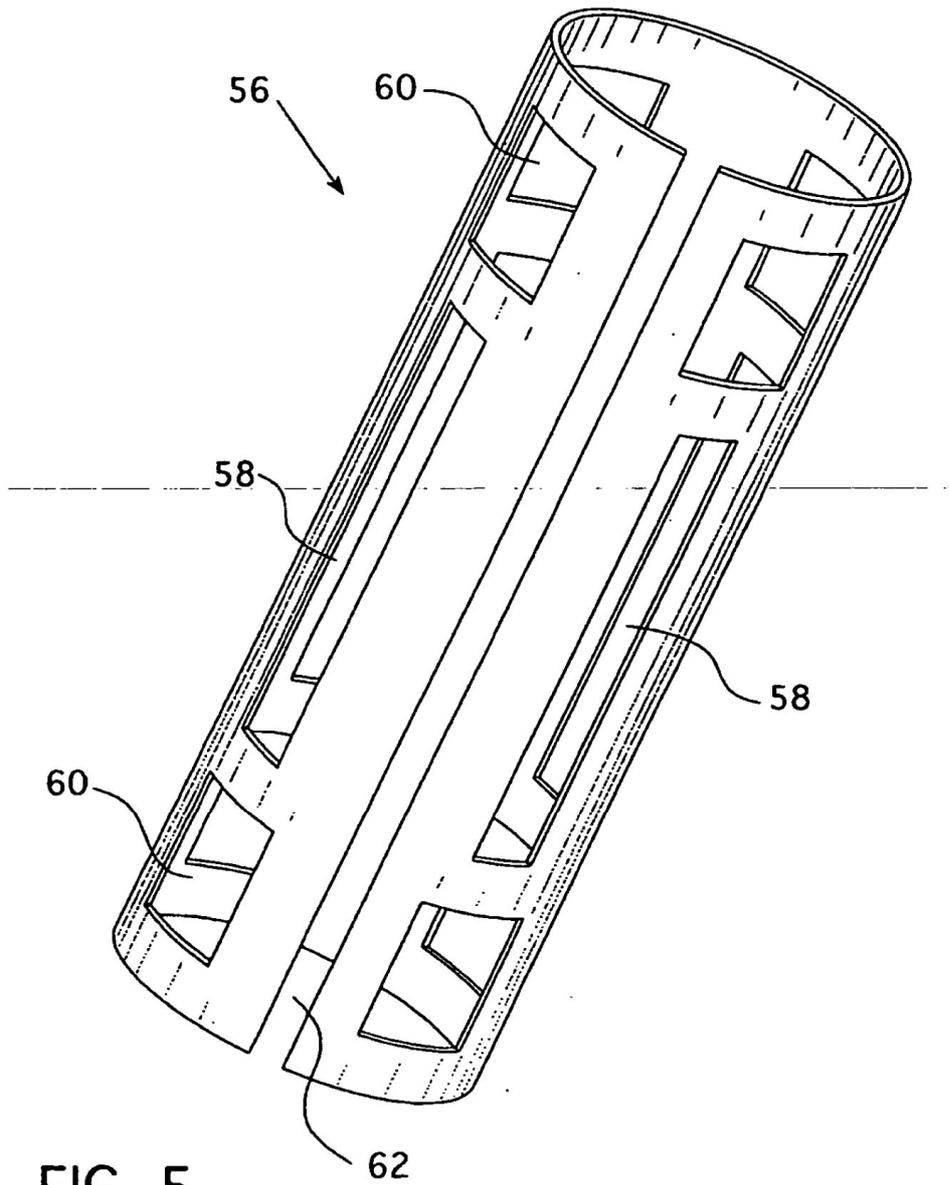


FIG. 5

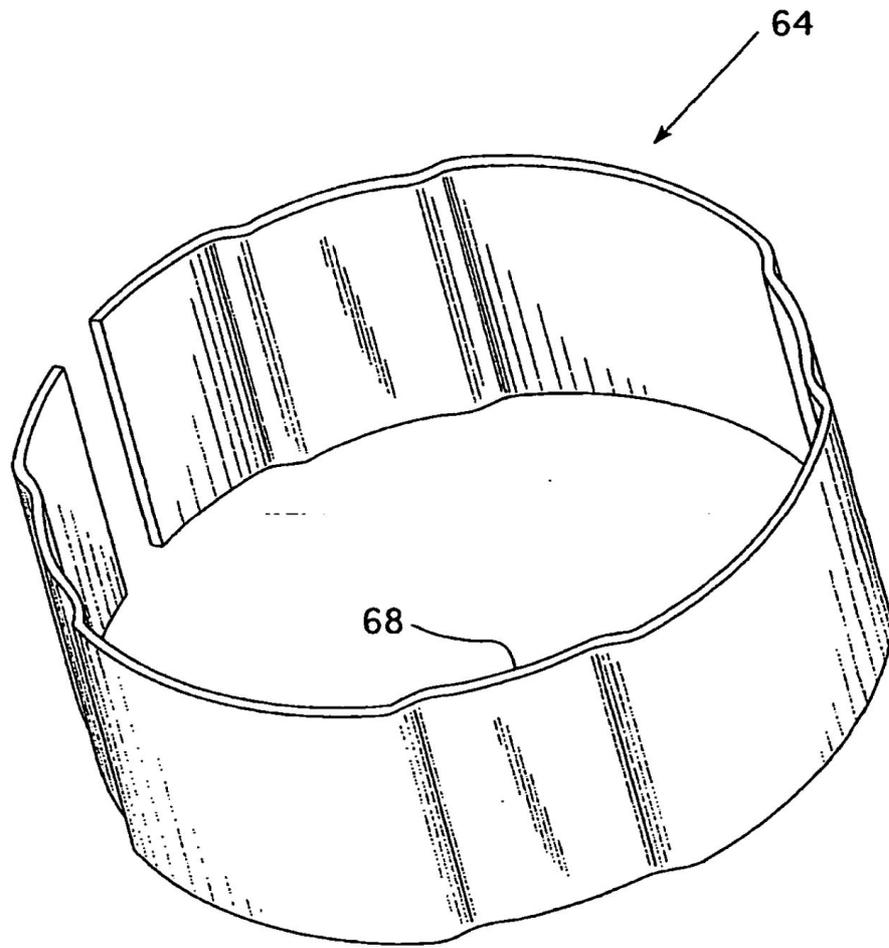


FIG. 6

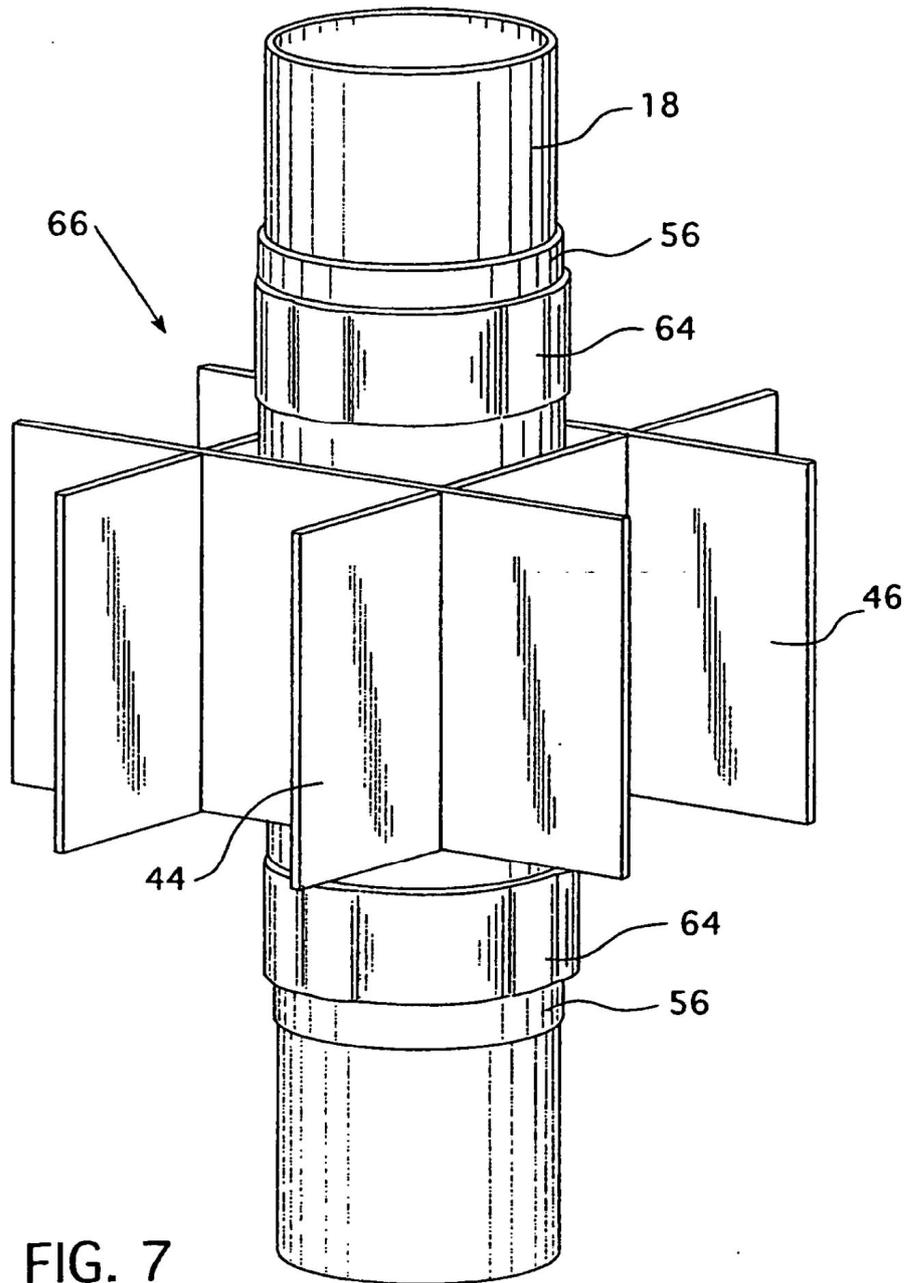


FIG. 7