

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 834**

51 Int. Cl.:
G21C 21/02 (2006.01)
G21C 21/04 (2006.01)
G21C 17/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06733636 .2**
96 Fecha de presentación: **05.01.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1834338**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.09.2007**

54 Título: **Sistema de formación de segmentos y método para fabricar barras de combustible nuclear**

30 Prioridad:
06.01.2005 US 31576

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2012

73 Titular/es:
**AREVA ANP INC.
3315 OLD FOREST ROAD
LYNCHBURG, VA 24501, US**

72 Inventor/es:
CRAWFORD, Michael Long

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 385 834 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

Sistema de formación de segmentos y método para fabricar barras de combustible nuclear

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a la producción de barras de combustible para conjuntos de combustible nuclear de reactores de agua ligera. Más específicamente, la presente invención proporciona un sistema de formación de segmentos y el método que es usado para incorporar las pastillas de combustible nuclear dentro de la vaina de barra de combustible nuclear durante la producción de barras de combustible nuclear para conjuntos de combustible nuclear.

Información de antecedentes

10 La producción de combustible nuclear es a menudo costosa y complicada debido a la cantidad de etapas de precaución que es necesario acometer durante la producción del combustible. Para producir un combustible nuclear seguro, las barras de combustible nuclear son diseñadas con varios componentes diferentes, teniendo cada uno de los componentes un propósito técnico específico. El componente más interno es generalmente un material cerámico enriquecido con uranio que tiene la forma de una pastilla. Las pastillas individuales son colocadas de extremo a extremo formando una columna. Las pastillas son después colocadas dentro de una barra alargada hecha de metal resistente a la corrosión llamada vaina de combustible. Las pastillas de combustible nuclear son cargadas dentro de la vaina de combustible generalmente según varias tecnologías. El material cerámico enriquecido con uranio es protegido del desgaste mecánico y químico mediante la vaina de combustible durante la operación del reactor. Cuando es fabricada originalmente, la vaina de combustible nuclear está abierta (no sellada) por los dos extremos de la barra. Una primera pieza final inferior puede ser soldada sobre la vaina. Después, la vaina es llenada con las pastillas de combustible nuclear. Finalmente, una pieza final superior es soldada al extremo abierto que queda de la vaina de combustible formándose así una barra de combustible completa. Como precaución, son incluidos también resortes y/o otros dispositivos dentro del volumen encapsulado por la vaina de combustible para permitir que las pastillas de combustible de uranio se hinchen y se desplacen en la vaina de combustible dentro de límites prescritos. Cada barra de combustible completada es después almacenada por el fabricante de barras de combustible. Una multitud de barras de combustible completadas es configurada después con una disposición paralela separada por espaciadores de conjunto combustible para evitar que las barras de combustible contacten entre sí durante el uso al formar un conjunto combustible.

30 Las tecnologías usadas actualmente para incorporar las pastillas de combustible nuclear dentro de la vaina de combustible tienen varios inconvenientes y, por tanto, no son económicamente eficientes. Debido a la naturaleza sensible de los componentes implicados, la producción de barras de combustible nuclear requiere comprobaciones de aseguramiento de la calidad para asegurar que no se producen defectos durante la producción de las barras de combustible nuclear. Para eliminar el error humano, muchos sistemas y tecnologías intentan usar sistemas automatizados para eliminar la implicación del obrero en el proceso. El documento US 4 980 119 describe un sistema de carga de barras de combustible nuclear automatizado. Aunque bien intencionados, los sistemas automatizados deben ser diseñados con mucho cuidado de manera que durante la fabricación de la barra combustible no se produzcan piezas y/o partes sueltas que atasquen la máquina y detengan la producción. La creación de estos sistemas automatizados es extremadamente complicada y los sistemas creados son propensos a error debido a la incapacidad de los diseñadores para predecir con precisión los modos de fallo y los problemas que aparecen durante la producción de las barras de combustible.

40 En los sistemas de carga automatizados actuales, las pastillas de combustible nuclear son retiradas de un elevador de pastillas de combustible y transferidas por un transportador a una mesa de formación de segmentos. Las pastillas son cargadas y descargadas del elevador de pastillas de combustible con la ayuda de un lector de código de barras que restringe la entrada y la salida de las pastillas de combustible nuclear del elevador de pastillas de combustible. 45 Las pastillas de combustible son retiradas de la bandeja de pastillas de combustible que lleva las pastillas y colocadas en una mesa de formación de segmentos. Las pastillas de combustible son colocadas en una orientación paralela y después compactadas por un dispositivo empujador para formar columnas de material cerámico que contiene uranio. El dispositivo empujador está conectado a un transformador diferencial variable lineal que está configurado para proporcionar una señal de salida eléctrica. La señal es después leída y es determinada la longitud total de la columna de pastillas de combustible individuales. Un ordenador compara después una especificación de diseño total para la barra de combustible con la señal de salida obtenida del transformador diferencial variable lineal. Si la diferencia entre el valor de diseño esperado de la longitud de la columna de pastillas de combustible nuclear y el valor medido encuentra un valor umbral predeterminado, la vaina de barra de combustible es entonces cargada con la columna de pastillas nucleares. Si la longitud total de la columna de pastillas de combustible está fuera del valor umbral, las pastillas de combustible son rechazadas de la mesa de formación de segmentos. Una tapa final superior es después soldada por el lado abierto existente de la vaina de barra de combustible, completándose así la barra de combustible nuclear. 55

Los sistemas automatizados que sólo usan transformadores diferenciales variables lineales no pueden identificar las pastillas de combustible dañadas que son posicionadas en la mesa de formación de segmentos. Estos sistemas

automatizados simplemente comprueban una longitud total del material nuclear que va a ser incorporado dentro de la vaina y no realizan ninguna otra comprobación de aseguramiento de la calidad durante la fabricación de la barra de combustible nuclear. Por tanto, si una pastilla de combustible nuclear individual está agrietada, las pastillas de combustible agrietadas serán cargadas dentro de la barra de combustible nuclear siempre que la longitud total de la columna de pastillas de combustible nuclear esperada esté dentro de parámetros de diseño establecidos. En el caso de una pastilla de combustible con forma irregular, siempre que la longitud total de la columna de pastillas de combustible esté dentro de los parámetros de longitud total esperados, la pastilla de combustible agrietada será incorporada a la vaina de barra de combustible nuclear. Si la pastilla de combustible es de una forma irregular, la pastilla se trabará en la vaina ajustada estrechamente y, por tanto, atascará las operaciones de carga. Un operario debe entonces retirar las pastillas de combustible nuclear de la mesa de formación de segmentos. El aparato de carga debe entonces ser reiniciado y debe ser proporcionada una nueva bandeja de combustible a la mesa de formación de segmentos para que continúe la producción de barras de combustible nuclear. La descarga de las múltiples pastillas de combustible nuclear de la mesa de formación de segmentos mientras que está en estado atascado requiere numerosas operaciones manuales que de este modo frenan la producción de barras de combustible nuclear. Este atasco repercute en la capacidad de producción total del dispositivo de formación de segmentos y limita de forma severa la productividad.

Un inconveniente adicional de otros sistemas de carga de pastillas de combustible es que estos sistemas requieren el ajuste fino continuo de los sistemas transformadores diferenciales variables lineales para medir con precisión las longitudes de las columnas de pastillas de combustible nuclear presentes en la mesa de formación de segmentos. Son necesarios grandes números de transformadores diferenciales variables lineales para que las columnas de pastillas de combustible en la mesa de formación de segmentos proporcionen una medida precisa de las columnas de pastillas de combustible presentes. Existe, por tanto, la necesidad de proporcionar un sistema que mida con precisión las columnas de pastillas de combustible nuclear presentes en la mesa de formación de segmentos.

Existe también la necesidad de proporcionar un aparato y un método que permita que un operario realice comprobaciones de aseguramiento de la calidad adicionales de las pastillas de combustible nuclear durante el proceso de fabricación de una barra de combustible nuclear.

Hay también la necesidad de proporcionar un aparato y un método que permita la incorporación de materiales cerámicos dentro de la vaina de barra de combustible nuclear, de manera que el material cerámico no sea dañado durante el proceso de incorporación de los materiales cerámicos dentro de la vaina de barra de combustible.

Hay otra necesidad de permitir que un operario determine visualmente qué pastillas de combustible deberían ser incluidas dentro de un segmento definido de material de barra de combustible nuclear, de manera que la incorporación no degrade los materiales cerámicos que están siendo incorporados dentro de la vaina de barra de combustible.

Sumario

Es, por tanto, un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema que mida con precisión las columnas de pastillas de combustible nuclear presentes en una mesa de formación de segmentos.

Es también un objetivo de la presente invención proporcionar un aparato y un método que permita que un operario realice comprobaciones de aseguramiento de la calidad adicionales de las pastillas de combustible nuclear durante el proceso de fabricación.

Es también un objetivo de la presente invención permitir que el operario determine visualmente qué pastillas de combustible deberían ser incluidas dentro de un segmento definido del material de barra de combustible nuclear, de manera que las pastillas con concentración de uranio o configuración incorrecta no sean cargadas dentro de la vaina de combustible.

Los objetivos de la presente invención son conseguidos como está ilustrado y descrito. La presente invención proporciona un método para insertar pastillas de combustible nuclear dentro de un elemento de vaina de barra de combustible, según está definido en la reivindicación 1. Características adicionales están descritas en las reivindicaciones 2-7.

Los objetivos de la presente invención son también alcanzados mediante un dispositivo para la carga de pastillas de combustible nuclear dentro de la vaina de combustible nuclear según está definido en la reivindicación 8.

Breve descripción de los dibujos

Fig. 1, ilustra una vista en planta global de un aparato para cargar elementos de combustible nuclear en una vaina de barra de combustible, y

Fig. 2, ilustra una vista en sección transversal de un sistema de formación de segmentos de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

Con referencia a las figuras 1 y 2 está ilustrado un sistema de formación de segmentos 10. Una cámara de pastillas de combustible, ilustrada en general como elemento 12, está configurada para recibir pastillas de combustible nuclear desde una instalación de fabricación. Las pastillas son colocadas sobre las placas de pastillas de combustible que están codificadas con barras individualmente. Como está ilustrado en la presente invención, las pastillas de combustible que tienen aproximadamente la misma concentración de material fisible son almacenadas en la misma cámara 12 de pastillas de combustible. La cámara 12 de pastillas de combustible está su vez dispuesta sobre un plato giratorio 14 de cámaras de pastillas de combustible. El propósito del plato giratorio 14 de cámaras de pastillas de combustible es girar las cámaras 12 de pastillas de combustible soportadas, de manera que una cámara 12 de pastillas de combustible particular sea colocada delante de un operario en la posición A que desea acceder a las pastillas de combustible nuclear que contienen una concentración especificada de material fisible. El plato giratorio 14 de cámaras de pastillas de combustible es controlado por medio de un ordenador 46 anexo que hace dar vueltas al plato giratorio 14 hasta una posición en la que el operario pueda acceder a cámara 12 de pastillas de combustible que tenga una concentración especificada.

Una vez que el ordenador 46 emite la orden de rotar el plato giratorio 14 y el plato giratorio 14 da vueltas, el operario abre una puerta a la cámara 12 de pastillas de combustible y retira una placa de pastillas de combustible nuclear que contiene las pastillas de combustible nuclear individuales. En general, la placa de pastillas de combustible nuclear está configurada para soportar columnas individuales de pastillas de combustible, de manera que las pastillas de combustible permanezcan en su lugar y no se desplazan durante la manipulación de la placa. El operario retira manualmente esta placa y coloca la placa sobre una mesa de formación de segmentos 44. Un dispositivo de empuje 34 de pastillas es entonces activado para descargar las pastillas dispuestas en la placa de pastillas de combustible a la mesa de formación de segmentos 44. El dispositivo de empuje 34 de pastillas puede incluir elementos basados en resortes individuales para contactar con las columnas de los elementos de combustible dispuestas sobre la placa de elemento combustible. El dispositivo de empuje 34 de pastillas puede también mover las pastillas dispuestas sobre la mesa de formación de segmentos en conjunto mediante el uso de una barra única a través de todo el ancho de la placa de pastillas de combustible, siendo accionada la barra a través de un mecanismo de resorte o un cilindro neumático. El dispositivo de empuje 34 de pastillas está configurado para limitar la cantidad de fuerza ejercida sobre las pastillas de combustible nuclear para evitar la ruptura de estas pastillas durante la transferencia desde la placa de pastillas de combustible a la mesa de formación de segmentos 44. Aunque descritos como dispositivos de elementos de resorte individuales, el dispositivo de empuje 34 de pastillas puede tener cualquier configuración para descargar con éxito las pastillas de combustible nuclear desde la placa de pastillas de combustible sobre el resto del sistema de formación de segmentos 10. El dispositivo de empuje 34 de pastillas está también configurado de manera que cuando una pastilla de combustible nuclear es colocada sobre la mesa de formación de segmentos 44, el dispositivo de empuje 34 de pastillas mueva lentamente los elementos de combustible nuclear a una configuración en la que las pastillas de combustible nuclear sean alineadas en forma de columna en filas 52 sobre la mesa 44. Un láser 36 es después posicionado sobre la mesa de formación de segmentos 44 para iluminar la mesa 44, de manera que se ilumine una longitud predefinida de las columnas de pastillas de combustible nuclear sobre la mesa. Si una pastilla de combustible nuclear es iluminada por el láser 36 previsto en el sistema de formación de segmentos 10, entonces la pastilla de combustible individual debería ser incorporada dentro de una vaina de barra de combustible nuclear. Si el láser 36 no ilumina la pastilla de combustible individual, entonces la pastilla de combustible individual no debería ser incluida en la vaina de elemento combustible nuclear. El láser 36 puede estar localizado en un brazo móvil, de manera que el láser 36 puede ser reposicionado cuando lo requiera el operario. El láser 36 puede también ser activado por el ordenador 46 y/o un temporizador para ayudar en la determinación de qué pastillas de combustible deberían ser incorporadas a la barra de combustible. El láser 36 puede ser un módulo láser industrial con nº de Stock E-55-346 con fuente de alimentación n.º STK E55-323 de Edmund Industrial Optics, Barrington Nueva Jersey. El láser 36 puede ser posicionado sobre una mesa giratoria tal como la mesa giratoria Daedel, n.º CAT. 20502RTEPH2C2M1E1T2 de Olympic Controls Wilsonville, Oregon. El láser puede también ser colocado sobre una mesa lineal n.º CAT 06004CTEPD1L2C4M1E1 de Olympic Controls Wilsonville, Oregon. Una operación manual es después realizada para retirar el exceso de pastillas de combustible posicionadas sobre la mesa de formación de segmentos 44 y colocadas de nuevo sobre la placa de elemento combustible. La placa de elemento combustible puede entonces ser retirada de la mesa de formación de segmentos 44 y colocada de nuevo en la cámara 12 de pastillas de combustible, manteniendo así juntas las pastillas de combustible de concentraciones similares. Alternativamente, si la placa de pastillas de combustible está vacía, el operador puede apilar la placa vacía en un dispositivo de retención de placas vacías. El dispositivo empujador 34 de pastillas puede también ser configurado para medir la longitud total de las columnas de pastillas de combustible colocadas sobre la mesa de formación de segmentos 44. El dispositivo empujador 34 de pastillas puede también ser accionado a través de un accionador sin barra, por ejemplo un modelo de husillo de bolas de alta velocidad n.º CAT. R4-B32-1518-56-P-BSE con sensor de posición RPS-2 en ambos extremos, por ejemplo. La longitud total de de las columnas de pastillas de combustible es medida, por ejemplo, mediante el uso de un transformador diferencial variable lineal conectado al dispositivo empujador 34 de pastillas y un tope 50 empleado a través de la mesa de formación de segmentos 44. El tope 50 puede estar en una posición horizontal fija o puede ser movable. Tras la iluminación de las pastillas de combustible nuclear mediante el láser 36, el operario activa un sistema de cámara 38 que está configurado para medir la longitud total de las columnas de pastillas de combustible nuclear que quedan sobre la mesa de formación de segmentos 44, midiendo una distancia de la posición global del dispositivo

empujador 34 de pastillas. La cámara 38 puede tener cualquier configuración o diseño que permita a un operario medir con éxito o permitir a un operario medir una longitud total de la columna de elemento combustible. Un ejemplo no limitativo de la cámara puede ser un formador de imágenes DVT Legend Series Smartsensor 640x480 monocromo con L.E.D. n.º PKG-540-MR-D. Para ayudar en el análisis de la longitud total de las columnas de pastillas de combustible, la mesa de formación de segmentos 44 puede ser configurada para permitir que la luz pase a través de la mesa 44, proporcionando así una situación de iluminación posterior para las pastillas en la mesa 44 o el dispositivo de empuje de pastillas puede ser iluminado desde el lateral para el análisis por la cámara. La mesa de formación de segmentos 44 puede también ser configurada con hendiduras para soportar las filas de pastillas de combustible que están siendo procesadas. Porciones de la mesa de formación de segmentos 44, tal como la parte de soporte de la mesa que contacta con las pastillas de combustible pueden ser colocadas en un carro de rodillos para ayudar a transportar las pastillas de combustible desde un punto de entrada a un punto de salida de la parte de soporte de la mesa 44. El carro de rodillos puede ser por ejemplo un carro de rodillos n.º CAT 512P25A1 de Thomson Industries, Fort Washington, Nueva York.

La longitud total de la columna de elemento combustible es medida por el transformador diferencial variable lineal y/o la cámara 38 y es después comparada con una especificación de diseño que contiene una longitud esperada de la columna de pastillas de combustible nuclear. La comparación de la longitud medida con la longitud esperada a partir de la especificación del diseño es realizada por un ordenador. Si la columna de pastillas de combustible nuclear está dentro de las tolerancias y umbrales establecidos por el diseño, la columna de pastillas de combustible nuclear será entonces incorporada dentro de la vaina de combustible nuclear. Si la comparación entre la longitud medida de la columna de pastillas de combustible nuclear proporcionada por el transformador diferencial variable lineal y/o la cámara 38 no está dentro de la tolerancia de umbral, al operario se le notifica la discrepancia para que actúe para corregirla. La notificación puede ser realizada mediante el uso de una luz de advertencia o una pantalla de ordenador. La acción de corrección llevada a cabo por el operario puede incluir retirar manualmente las pastillas de la columna de pastillas de combustible no conforme individual en el caso de que una columna de pastillas de combustible nuclear sea considerada demasiado larga. En el caso de que una columna de pastillas de combustible nuclear sea demasiado corta en comparación con las especificaciones de diseño, el operario puede añadir pastillas de combustible nuclear para conseguir que la longitud total de la columna de pastillas de combustible nuclear esté en conformidad con la longitud de la especificación de diseño. En el caso de una columna de pastillas de combustible nuclear que pase el test de longitud global, la columna de pastillas de combustible es después transferida a una mesa vibratoria 28 para su inclusión dentro de la vaina de combustible nuclear.

Las vainas individuales son proporcionadas al sistema de formación de segmentos 10, de manera que los elementos de combustible nuclear puedan ser incorporados dentro del volumen definido por la vaina. La vaina individual puede ser insertada dentro de un soldador por resistencia con presión (upset shape welder (USW)), un soldador TIG o un soldador láser y un primer extremo es soldado sobre la vaina. Una inspección visual es después realizada en la soldadura entre la vaina y la tapa final. La inspección visual puede incluir técnicas de ensayo no destructivo de soldadura estándar, que incluyen ensayos de líquidos penetrantes y radiografía sólo como ejemplos ilustrativos. Si la inspección visual de la soldadura es satisfactoria, la vaina es después movida a una estación de traslación de barra. Cada vaina es provista de un código de barras para identificar la barra de combustible individual que está siendo fabricada. El código de barras en la vaina es leído mediante un aparato de lectura, como por ejemplo un escáner 54 de código de barras. El código de barras puede ser colocado sobre la vaina para establecer positivamente una posición de la vaina por la colocación del código de barras en la porción exterior de la vaina. La vaina es después transportada axialmente a una cola de entrada 56 al cargador de barras. Como está ilustrado, la cola de entrada 56 al cargador de barras puede almacenar varias unidades de vaina para su fabricación. En la presente realización ilustrativa de la solicitud pueden ser almacenadas veinticinco vainas en la cola de entrada al cargador de barras. Puede ser almacenado en la cola de entrada 56 al cargador cualquier número de unidades de vaina. Las vainas son después transportadas por un elevador y eventualmente alimentadas por gravedad al resto del sistema de formación de segmentos 10 en el que las vainas son mantenidas en posición por un tope de vaina. Las vainas son después colocadas en los rodillos separadores que transportan las vainas a una cola de entrada 58 a la mesa vibratoria. Las vainas son elevadas sobre la mesa vibratoria 28 para la incorporación de las pastillas de combustible nuclear dentro de la vaina. Un sistema de inserción/retracción 60 empuja entonces las vainas individuales sobre una herramienta de sujeción 62 de barra. La herramienta de sujeción 62 de barra está configurada para mantener la vaina en posición durante otras funciones de procesamiento. La herramienta de sujeción 62 de barra es posicionada en una porción exterior de la vaina de un modo no perjudicial para limitar la degradación global de la barra de combustible completada. También pueden ser usadas otras posiciones y configuraciones de los dispositivos de sujeción de barra. Tras la inserción de la vaina en la herramienta de sujeción 62 de barra, son entonces seleccionados embudos 32 de pastillas de acuerdo con la especificación de diseño de la barra de combustible nuclear que esté siendo fabricada. Los embudos 32 de pastillas que son seleccionados para su uso están basados en el diámetro global de los elementos de combustible que están siendo incorporados dentro de la vaina de combustible. Los embudos 32 de pastillas están hechos de un material no perjudicial, de manera que la inserción y retirada de los embudos de pastillas no degrada la superficie de las barras de combustible. Los embudos 32 de pastillas tienen la vaina individual insertada dentro del embudo 32 para la transferencia de las pastillas de combustible nuclear.

La mesa vibratoria 28 con las pastillas de combustible nuclear es después activada por el operario haciendo que la columna de pastillas de combustible nuclear vibre hacia el embudo 32 de pastillas de combustible. Después de

5 entrar en el embudo 32, las pastillas son transportadas hacia abajo de la vaina de combustible y son apiladas en una relación de extremo con extremo. Después de que todas las pastillas de combustible nuclear han sido incorporadas dentro de la vaina de combustible desde la mesa vibratoria 28, la herramienta de sujeción 62 de barra es después liberada. Después de liberar la herramienta de sujeción 62 de barra, el embudo 32 de pastillas de combustible es retirado del extremo abierto de la vaina de barra de combustible. La vaina es después descargada del sistema de formación de segmentos 10. Después de la descarga de la vaina del sistema de formación de segmentos 10 pueden ser insertados en la vaina amortiguadores de vibración internos y una atmósfera gaseosa antes de la soldadura del segundo extremo mediante un soldador por resistencia con presión (USW). Una profundidad interna del espacio hueco que queda en la vaina de combustible nuclear puede entonces ser comprobada en una estación 70 de comprobación de espacio hueco en la que es insertada una barra dentro de la vaina de combustible llena. Si la inserción de la barra calibrada encuentra los parámetros esperados, la vaina de combustible es entonces considerada aceptable y puede seguir siendo procesada. Si el espacio hueco de la vaina se desvía de los parámetros esperados, entonces la vaina de combustible es considerada potencialmente defectuosa y es rechazada de otro procesamiento hasta que se consigan los parámetros esperados.

15 Un segundo extremo puede ser soldado a la vaina de combustible. La soldadura del segundo extremo mediante un soldador por resistencia con presión (USW) es después inspeccionada en cuando a defectos. Si la vaina de barra de combustible está libre de defectos, la barra de combustible puede ser incorporada al conjunto de combustible nuclear.

20 La presente invención proporciona también la capacidad de prever diferentes enriquecimientos de uranio dentro de una vaina única, permitiendo así al fabricante adaptar la reactividad de la barra de combustible a lo largo de la longitud axial de la barra de combustible completada. Para realizar la disposición de diferentes enriquecimientos de uranio en una única barra de combustible, las pastillas de diferentes placas de pastillas que contienen diferentes concentraciones de combustible fisible pueden ser añadidas juntas a la mesa vibratoria en secuencias deseadas. Las pastillas, después de pasar los criterios presentados antes, son incorporadas dentro de la vaina de barra de combustible.

25 La presente invención permite varias ventajas frente a otros sistemas para la carga de la vaina de barra de combustible nuclear. El método y el dispositivo presentes para cargar pastillas de combustible nuclear dentro de la vaina de combustible permiten que las pastillas de combustible nuclear sean incorporadas dentro de la vaina de combustible de un modo sistemático, de manera que las pastillas de combustible sean cargadas de forma eficaz y segura. La presente invención permite también que un operario compruebe visualmente si las pastillas de combustible nuclear proporcionadas por las cámaras de pastillas de combustible nuclear son conformes o no al diseño esperado.

30 La presente invención proporciona también una configuración que no daña las pastillas de combustible durante el proceso de fabricación de la barra de combustible nuclear. El uso de la mesa vibratoria permite la incorporación de las pastillas de combustible nuclear dentro de la vaina de combustible nuclear sin que se imponga tensión innecesaria a las pastillas de combustible nuclear. Las mediciones de la longitud total de las columnas de pastillas de combustible nuclear son realizadas usando una cámara, lo que minimiza el contacto con las pastillas de combustible cerámicas que contienen uranio. Adicionalmente, la herramienta de sujeción de barra está configurada para retener la vaina de combustible de modo que no se produzca daño a la vaina de combustible durante las operaciones de carga. Todos estos sistemas aseguran barras de combustible nuclear estancas frente a fugas y contiguas.

35 Otra ventaja de la presente invención es que la cámara usada para medir la longitud total de la columna de elemento combustible nuclear no tiene que ser ajustada en fino continuamente a diferencia de otros sistemas de carga de elementos de combustible nuclear dentro de la vaina. El uso de la cámara proporciona, por tanto, una mayor economía en la operación total del dispositivo descrito. La cámara puede también ser usada para suplementar las lecturas del transformador diferencial variable lineal para proporcionar con más precisión medidas de calidad para la longitud total de las columnas de elementos de combustible nuclear.

40 La presente invención proporciona también una mayor tolerancia a la carga precisa de combustible nuclear dentro de la vaina de combustible sin tener los inconvenientes de crear un estado de atasco a través del sistema de formación de segmentos. La eliminación de los sistemas propensos a error permite a la presente invención operar sin tener los inconvenientes significativos de atasco que se producen en otros sistemas usados anteriormente. En consecuencia, la eliminación de los estados de atasco permite una producción continua de barras de combustible nuclear con un tiempo de inactividad mínimo.

45 La presente invención elimina también el uso de numerosos sistemas de grúa por arriba para transportar la vaina de combustible desde estación de procesamiento a estación de procesamiento. La presente invención permite que la vaina de combustible sea cargada en una cola de entrada de carga de barras y desde esta posición use la gravedad durante las etapas de procesamiento subsiguientes. La eliminación de numerosos dispositivos de elevación durante el procesamiento de la vaina de combustible nuclear elimina la necesidad de un mantenimiento caro, así como la reparación de estos sistemas y proporciona un sistema más fiable para el procesamiento de la vaina.

En la memoria precedente, la invención ha sido descrita con referencia a realizaciones ejemplares específicas de la misma. Será evidente, sin embargo, que pueden hacerse varias modificaciones y cambios a ella sin salirse de la invención según está establecida en las reivindicaciones adjuntas. La memoria y los dibujos deben, por tanto, ser considerados en un sentido ilustrativo antes que restrictivo.

REIVINDICACIONES

1. Método para insertar pastillas de combustible nuclear dentro de un elemento de vaina de barra de combustible, que comprende: proporcionar un elemento de vaina; proporcionar pastillas de combustible nuclear alineadas en una columna sobre una mesa de formación de segmentos (44); iluminar una longitud predefinida de la columna de pastillas de combustible nuclear con un láser (36); retirar cualquier pastilla de combustible nuclear no iluminada de la mesa de formación de segmentos (44); medir la longitud de la columna de pastillas de combustible nuclear con una cámara (38) mientras que columna de pastillas de combustible nuclear está en la mesa de formación de segmentos (44); comparar la longitud de la columna de pastillas de combustible nuclear con una longitud de diseño esperada; e incorporar la columna de pastillas de combustible nuclear dentro del elemento de vaina cuando la longitud medida de la columna de pastillas de combustible nuclear está dentro de un valor umbral de la longitud de diseño esperada.
2. Método para insertar pastillas de combustible nuclear dentro de un elemento de vaina de barra de combustible según la reivindicación 1, en el que la etapa de incorporación de la columna de pastillas de combustible nuclear dentro del elemento de vaina de barra de combustible se realiza mediante la vibración de una mesa (28) sobre la que descansa la columna de pastillas de combustible nuclear, de manera que la vibración hace que las pastillas de combustible entren dentro de la vaina de barra de combustible nuclear.
3. Método para insertar pastillas de combustible nuclear dentro de un elemento de vaina de barra de combustible según la reivindicación 1, en el que la etapa de proporcionar la columna de pastillas de combustible nuclear a ser incorporada dentro del elemento de vaina es realizada por un operario que transfiere manualmente una placa de pastillas nucleares desde una cámara (12) de pastillas de combustible a la mesa de formación de segmentos (44).
4. Método para insertar pastillas de combustible nuclear dentro de un elemento de vaina de barra de combustible según la reivindicación 1, que comprende: proporcionar el elemento de vaina de barra de combustible que tiene un código de barras en el exterior del elemento de vaina; leer el código de barras en el elemento de vaina; transportar el elemento de vaina a una cola de entrada de un cargador de barras; colocar el elemento de vaina en rodillos separadores, estando los rodillos separadores configurados para separar las vainas entre sí, elevar el elemento de vaina sobre una mesa de vibración; retener la vaina con una herramienta de sujeción de barra; insertar el elemento de vaina dentro de embudos de pastillas, estando los embudos de pastillas configurados para recibir pastillas de combustible y transportar las pastillas de combustible dentro de la vaina; medir la longitud acumulada de las pastillas de combustible en filas en la mesa mediante el uso de transformadores diferenciales variables lineales; en el que la etapa de proporcionar las pastillas de combustible nuclear alineadas en una columna en una mesa de formación de segmentos incluye las etapas de: proporcionar las pastillas de combustible, estando las pastillas de combustible almacenadas en cámaras de pastillas; girar las cámaras de pastillas a una posición para permitir que un operario retire manualmente una placa de pastillas que contiene las pastillas de combustible; retirar manualmente la placa de pastillas de la cámara de pastillas que contiene las pastillas de combustible nuclear; desplegar un tope de segmento a través de una mesa de formación de segmentos (44) para recibir las pastillas de combustible nuclear; descargar las pastillas de combustible nuclear de la placa de pastillas sobre la mesa de formación de segmentos, siendo posicionadas las pastillas de combustible nuclear contra el tope de segmento; empujar las pastillas sobre la mesa contra el tope de segmento, y en el que la etapa de incorporar la columna de pastillas de combustible nuclear dentro del elemento de vaina cuando la longitud medida de la columna de pastillas de combustible nuclear está dentro de un valor de umbral de la longitud de diseño esperada incluye las etapas de: retirada de las pastillas de combustible de la mesa que no verifican la longitud correcta de la especificación de diseño; transferencia de las pastillas de combustible de la mesa que han sido verificadas a una cola de entrada a la mesa vibratoria y carga por vibraciones de las pastillas de combustible desde la mesa dentro de la vaina de barra de combustible.
5. Método según la reivindicación 4, que comprende además liberar la herramienta de sujeción de barra; y comprobar un espacio hueco de la vaina.
6. Método según la reivindicación 5, en el que la comprobación del espacio hueco de la vaina incluye insertar una barra calibrada dentro de un extremo abierto de la vaina de barra de combustible y leer la longitud del espacio hueco.
7. Método según la reivindicación 4, que comprende además iluminar lateralmente los componentes de empuje de las pastillas en la mesa de formación de segmentos (44) antes de la etapa de medir la longitud acumulada de las pastillas de combustible en filas que permanecen en la mesa mediante el uso de la cámara.
8. Dispositivo para cargar pastillas de combustible nuclear dentro de una vaina de combustible nuclear, que comprende: una cámara (12) de pastillas de combustible para sujetar las placas de pastillas de combustible; una mesa de formación de segmentos (44) para sujetar las pastillas de combustible; un láser (36) posicionado para iluminar una longitud predefinida de una columna de pastillas de combustible nuclear en la mesa de formación de segmentos, en el que la longitud predefinida de la columna de pastillas de combustible nuclear iluminada por el láser (36) corresponde a las pastillas de combustible nuclear a ser incorporadas a la vaina de combustible nuclear; una cámara (38) posicionada para obtener datos relativos a la longitud total de los elementos de combustible posicionados en la mesa de formación de segmentos; una mesa vibratoria (28) posicionada para recibir pastillas de combustible desde la mesa de formación de segmentos, haciendo vibrar la mesa vibratoria (28) las pastillas de

combustible dentro de una vaina de combustible; un dispositivo de empuje (34) de pastillas en el que el dispositivo de empuje (34) de pastillas está dispuesto para mover los elementos de combustible desde la mesa de formación de segmentos (44) a la mesa vibratoria (28); un ordenador conectado a la cámara (38) configurado para recibir los datos desde la cámara (38) y comparar los datos con una especificación de diseño, estando configurado el ordenador además para indicar a un operario el resultado de la comparación; y una disposición para manipular la vaina de combustible, incluyendo la disposición un dispositivo cargador de barras para recibir las vainas de combustible dentro de la disposición y un dispositivo de alimentación para alimentar la vaina de combustible a una posición en la que la vaina puede recibir pastillas de combustible desde la mesa vibratoria y una disposición de embudo de pastillas para ayudar en la transferencia de pastillas de combustible desde la mesa vibratoria a la vaina de combustible.

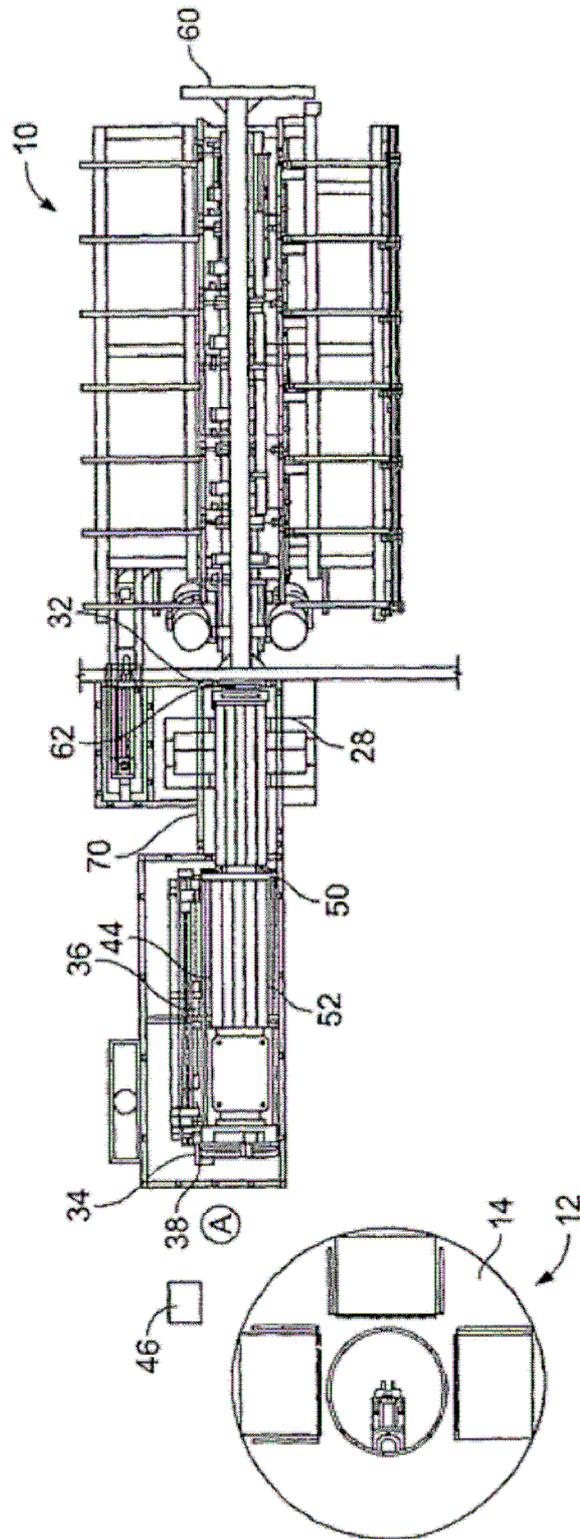


FIG. 1

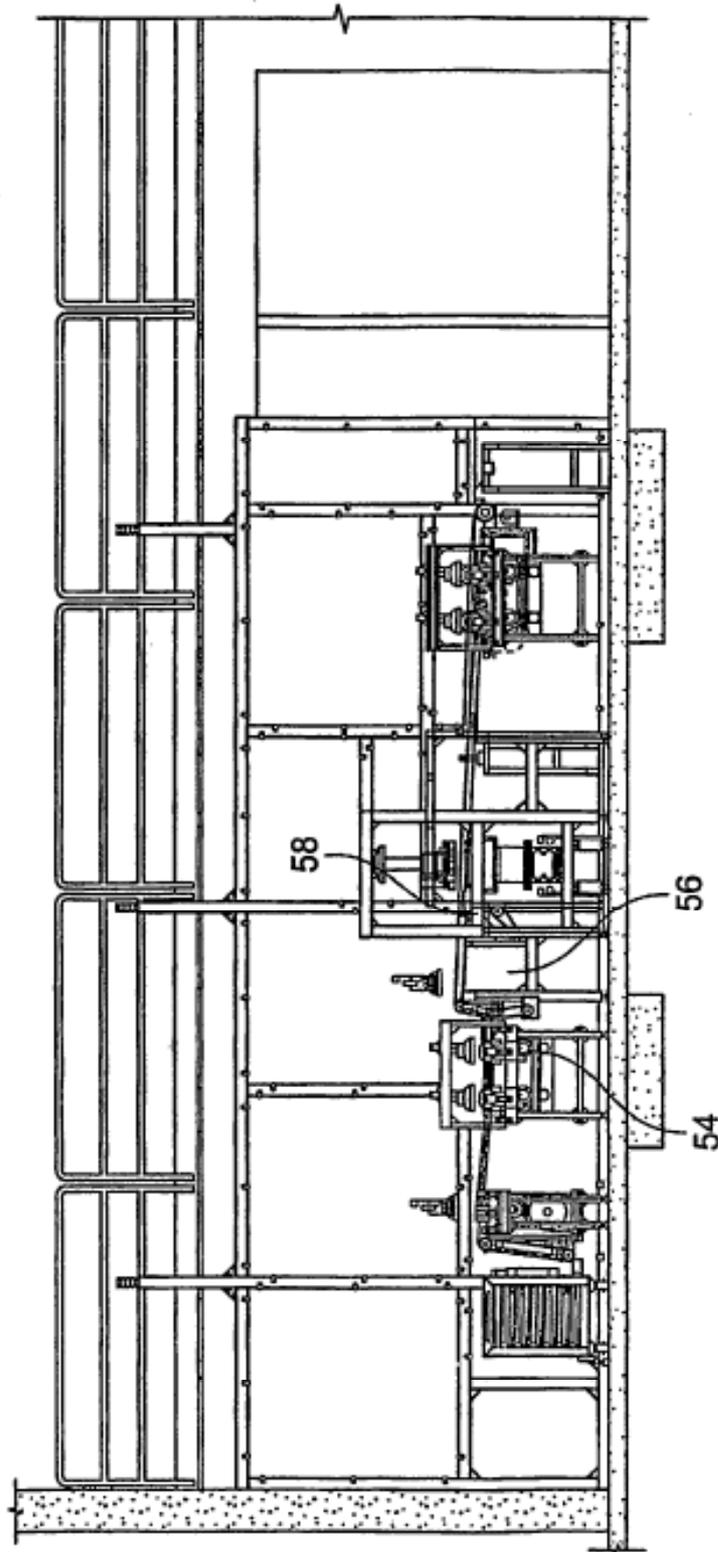


FIG. 2