

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 325**

51 Int. Cl.:

**G21C 17/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2015 PCT/US2015/014152**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015 WO15163959**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2015 E 15782914 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 3117441**

54 Título: **Insertos de sensores del interior del reactor**

30 Prioridad:

**11.03.2014 US 201414203679**

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

**08.02.2019**

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC  
(100.0%)**

**1000 Westinghouse Drive Suite 141  
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**FERO, ARNOLD H. y  
KULESZA, JOEL A.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 699 325 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

Insertos de sensores del interior del reactor

**Antecedentes****1. Campo**

- 5 La presente invención versa, en general, sobre reactores nucleares y, en particular, sobre insertos de sensores empleados en uno o más componentes internos de un reactor nuclear, que alojan uno o más sensores ambientales.

**2. Técnica relacionada**

10 Las reacciones de fisión en un reactor nuclear generan calor y liberan neutrones que producen reacciones adicionales de fisión en el combustible nuclear. El material fisil es concentrado en el reactor, de forma que la densidad de flujo neutrónico sea suficiente para mantener un procedimiento de fisión sostenida. En un reactor comercial, se encierran pastillas del material fisil en varillas de zircaloy montadas en conjuntos modulares de combustible alargados que son generalmente cuadrados en sección transversal. Un gran número de estos conjuntos cuadrados alargados de combustible está dispuesto para formar un núcleo del reactor generalmente cilíndrico que tiene una periferia escalonada, que está alojado dentro de un barrilete cilíndrico del núcleo de acero inoxidable entre las placas del núcleo horizontales superior e inferior de acero inoxidable. Todo este conjunto está montado dentro de una vasija a presión con cabezas superior e inferior generalmente hemisféricas. El refrigerante del reactor, introducido en la vasija a presión a través de toberas de entrada, fluye hacia abajo en un espacio anular entre el barrilete del núcleo y la vasija a presión, invierte la dirección en el plenum inferior de la vasija, fluye hacia arriba a través de las aberturas en la placa inferior del núcleo, y a través de los conjuntos de combustible donde se calienta como resultado de las reacciones de fisión antes de ser dirigido radialmente fuera de la vasija a presión a través de las toberas de salida. El calor extraído del núcleo por el refrigerante del reactor es utilizado para generar electricidad, reduciendo, de ese modo, la temperatura del refrigerante del reactor que es puesto de nuevo en circulación a través del reactor en un bucle cerrado.

25 Dado que los conjuntos de combustible son cuadrados en sección transversal, existe un espacio irregular entre la periferia del núcleo y la superficie interna del barrilete del núcleo. La práctica habitual es colocar pantallas a lo largo de las superficies externas de los conjuntos de combustible para confinar el flujo de refrigerante ascendente a los conjuntos de combustible. Se mantienen las pantallas en su lugar mediante encofrados horizontales con forma irregular que están atornillados a las pantallas longitudinales y entre las mismas y el barrilete del núcleo. Orificios en los encofrados permiten limitar el flujo del refrigerante en el espacio generalmente anular entre las pantallas longitudinales y el barrilete del núcleo para proporcionar la refrigeración de estos componentes y para igualar la presión en ambos lados de las pantallas longitudinales.

35 Con una flota envejecida de reactores por todo el mundo, existe la necesidad en la actualidad de extender la vida de sus reactores. Para obtener extensiones de licencia de operación, un operario del reactor debe mostrar que la vasija del reactor y sus componentes internos pueden resistir de manera segura el entorno hostil que experimenta un reactor operativo durante el periodo de extensión de licencia. A menudo se construyen modelos informáticos de los componentes dentro y en torno a la vasija a presión del reactor para calcular el entorno de radiación que experimentan esos componentes durante la operación de la central. Los resultados de esos cálculos son usados normalmente, entonces, con correlaciones conductuales de materiales para predecir el comportamiento posterior a la irradiación de diversos metales bajo diferentes condiciones de presión y de temperatura. Tradicionalmente, la vasija a presión del reactor ha sido el componente principal de interés en estos tipos de análisis. Con ese fin, las cápsulas de vigilancia son componentes estándar dentro del reactor nuclear. Las cápsulas de vigilancia contienen muestras de material, dosimetría y monitores de temperatura máxima, que son probados periódicamente para validar los modelos informáticos. La dosimetría neutrónica fuera de la vasija es otro sistema que es usado para validar esos modelos informáticos.

45 El comportamiento térmico de los componentes internos de la vasija del reactor, tal como las pantallas y los encofrados, que están sometidos a interacciones de rayos gamma que llevan a la generación de calor, también son de interés y pueden calcularse usando modelos informáticos similares a los descritos anteriormente. Sin embargo, no hay ningún dispositivo actualmente en existencia que pueda ser usado para validar esos cálculos para el comportamiento, ya sea térmico o de radiación, de estos componentes que se encuentre en estrecha proximidad a las pantalla y a los encofrados y a los otros componentes internos de la vasija del reactor, tal como las placas superior e inferior del núcleo.

55 El documento US 6 964 518 B1 describe un dispositivo y un sistema para medir la temperatura en una pieza mecánica inaccesible y/o amovible. El dispositivo comprende un elemento sensible a la temperatura que puede estar instalado dentro de la pieza amovible y que está diseñado para emitir una señal que contiene información sobre la temperatura de dicho elemento, de tal manera que esta señal pueda ser recibida por una unidad de control. El elemento sensible a la temperatura es un chip SAW que está dispuesto en el extremo inferior de un orificio en la

parte mecánica cuya temperatura ha de ser medida y se conecta con una primera antena proporcionada fuera de dicho orificio en dicha parte mecánica.

El documento US 6 522 709 B1 describe una manguera de protección, y un procedimiento para fabricar la misma, para un conjunto de instrumental intranuclear usado en un reactor nuclear. La manguera de protección incluye un primer extremo que está sellado herméticamente con un primer miembro de un conjunto de instrumental intranuclear, tal como un cono de entrada. La manguera de protección tiene un segundo extremo que está sellado herméticamente con un segundo miembro del conjunto de instrumental intranuclear, tal como un tapón de cierre. Una porción del cuerpo de la manguera de protección rodea al menos un detector en el conjunto de instrumental intranuclear, y tiene superficies flexibles corrugadas externa e interna.

En consecuencia, es un objeto de la presente invención proporcionar un sensor *in situ* que puede ser empleado para determinar el entorno y los efectos del entorno en los componentes internos del reactor para entender mejor el estado de estos componentes y para validar los modelos informáticos.

### **Sumario**

Se logran estos y otros objetos por un componente del interior del reactor, según se define en la reivindicación 1, que tiene un inserto de sensor soportado en el interior del reactor. El inserto de sensor tiene una cabeza y un vástago alargado que se extiende desde la cabeza hasta un extremo distal. El vástago tiene un compartimento hueco que se extiende al menos parcialmente entre el extremo distal y la cabeza. El perfil en sección transversal del vástago alargado está dimensionado para encajar en una abertura en uno o más componentes del interior del reactor. Uno o más sensores ambientales pasivos autónomos están fijados dentro del compartimento hueco que está cerrado en el extremo distal por un tapón terminal que está fijado al vástago.

En una realización, los sensores ambientales comprenden una pluralidad de sensores ambientales, configurados respectivamente para monitorizar diferentes parámetros ambientales. Preferentemente, los uno o más sensores ambientales comprenden muestras de material, dosimetría o monitores de temperatura máxima. Además, es deseable que el inserto de sensor del interior del reactor incluya una o más marcas codificadas que puedan ser usadas para identificar la ubicación del inserto de sensor en el interior del reactor y, preferentemente, también identifiquen la orientación del inserto de sensor en el interior del reactor.

Según la invención reivindicada, los insertos de sensores en el interior del reactor incluyen un anclaje para fijar el vástago alargado en la abertura en los uno o más componentes en el interior del reactor. Preferentemente, el anclaje comprende una rosca, ya sea macho o hembra, que se extiende sobre al menos una porción del vástago, que está dimensionada para casar con otra rosca, ya sea macho o hembra, en la abertura en los uno o más componentes del reactor en los cual se asienta el inserto de sensor. El anclaje incluye un mecanismo de bloqueo que fija una orientación del vástago dentro de la abertura en los uno o más componentes del interior del reactor. El mecanismo de bloqueo es una barra de bloqueo que se extiende a través de una abertura en la cabeza y a través de un surco en la superficie del vástago y parcialmente a un surco en una superficie de una pared en la abertura en los uno o más componentes en el interior del reactor. Idealmente, se mantiene la barra de bloqueo en posición dentro de la abertura en la cabeza mediante una pinza de muelle calzada contra una porción de la cabeza. La pinza de muelle, por ejemplo, puede ser calzada en un agujero escariado en una superficie de la cabeza. En tal caso, de manera deseable, la pinza de muelle es una pinza circular de muelle.

En otra realización más, el vástago tiene una dimensión axial a lo largo de una dimensión alargada del vástago y el compartimento hueco está dividido en compartimentos separados axiales en los que se soportan los sensores ambientales respectivamente. De manera similar, el compartimento hueco puede ser dividido en compartimentos separados circunferenciales en los que se soportan los sensores ambientales respectivamente. Los uno o más sensores ambientales también pueden estar alojados dentro de una vaina dividida dentro de la que los sensores están separados, estando dimensionada la vaina para deslizarse al interior y al exterior del compartimento hueco. Preferentemente, la vaina tiene una característica de posicionamiento que fija la orientación de la vaina con respecto al compartimento hueco e, idealmente, la vaina tiene una marca codificada que puede ser usada para identificar el inserto de sensor del interior del reactor en el que reside. La vaina también puede incluir una característica de agarre próxima al extremo distal para facilitar el movimiento de la vaina fuera del compartimento hueco.

Los uno o más sensores ambientales pueden incluir un cable de activación neutrónica que está encerrado dentro de un tubo de acero inoxidable, preferentemente con blindaje de cadmio. Preferentemente, el vástago comprende acero inoxidable 316 y/o titanio. Preferentemente, el extremo distal del vástago tiene una circunferencia mayor que una porción del vástago que se extiende desde la cabeza agrandada. En otra realización, la cabeza tiene una extensión circunferencial abocinada configurada para acoplarse mecánicamente con un surco o ranura mecanizado de manera circunferencial en la abertura en los uno o más componentes en el interior del reactor.

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

Se puede lograr un mayor entendimiento 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 Figura 1 es una vista en perspectiva de una realización preferente del sensor fijador de la presente invención;  
la Figura 2A es una vista frontal y lateral de la realización mostrada en la Figura 1, con el tapón terminal  
mostrado en una posición abierta;

la Figura 2B es una vista de frente de la realización mostrada en la Figura 2A;

5 la Figura 2C es una vista de frente de la realización mostrada en la Figura 2A con el tapón terminal retirado;

la Figura 2D es una vista en sección transversal de la realización mostrada en la Figura 2A;

la Figura 3 es una vista en perspectiva de la realización mostrada en la Figura 1 con el tapón terminal abierto y  
un módulo de sensor dividido mostrado parcialmente dentro del vástago hueco del fijador;

la Figura 4 es una vista en perspectiva de una segunda realización de la presente invención;

10 la Figura 5A es una vista frontal de la realización ilustrada en la Figura 4;

la Figura 5B es una vista lateral de la realización ilustrada en la Figura 4;

la Figura 5C es una vista en sección transversal de la realización mostrada en la Figura 4;

la Figura 6 es una vista en perspectiva de una tercera realización de la presente invención;

15 la Figura 7 es una vista en perspectiva de la realización mostrada en la Figura 6 con una barra de bloqueo fijada  
en posición;

la Figura 8 es una vista en planta de un conjunto de tapón que incorpora una realización de la presente  
invención; y

la Figura 9 es una vista en alzado del conjunto de tapón mostrado en la Figura 8.

### **Descripción de la realización preferente**

20 Normalmente, los componentes del interior de la vasija del reactor están atornillados entre sí como medio de fijación.  
Sin embargo, se suele especificar cuidadosamente el número de pernos y el patrón de atornillado, lo que significa  
que algunos pernos son superfluos. Por ello, estos pernos pueden ser sustituidos por pernos que no soporten carga  
que están diseñados para proporcionar una caracterización precisa del entorno de temperatura y de irradiación de  
25 los componentes del interior de la vasija del reactor y en torno a los mismos. Una realización del inserto de sensor  
de la presente invención, para sustituir uno o más de dichos pernos, es el fijador 10, ilustrado en la Figura 1, que es  
de tipo perno de un dispositivo que puede ser usado para fijar entre sí uno o más componentes del interior de la  
vasija del reactor. Por ello, esta realización tiene una rosca 12 de longitud parcial o completa a lo largo de su  
vástago 14 extendiéndose la rosca solo parcialmente a lo largo del vástago 14. La rosca 12 se extiende desde un  
30 extremo distal 18 y acaba en una sección 16 de diámetro reducido. El extremo opuesto de la sección 16 de diámetro  
reducido está conectado con el lado inferior de la cabeza 20 del perno. El lado opuesto de la cabeza 20 del perno  
está dotado de una ranura 22 para ayudar en el apriete del perno 10.

La realización ilustrada en la Figura 1 puede tener una marca cóncava 74 de orientación y/o un número 24 de  
identificación/serie grabado para permitir la confirmación visual de la ubicación y orientación del perno. Además, la  
35 marca cóncava de orientación y/o un número de identificación/serie pueden permitir al personal que prepara el  
dispositivo registre con precisión donde y con que dispositivo fue cargado y para permitir al personal que descarga el  
dispositivo el análisis posterior de la irradiación para caracterizar con precisión cada componente contenido dentro  
del dispositivo. Las características internas también pueden tener la marca cóncava de orientación y/o un número de  
identificación/serie para facilitar la responsabilidad de mantener el registro.

40 Con referencia a la Figura 2, se puede apreciar que el vástago 14 tiene una cavidad hueca 28 que se extiende  
desde el extremo distal 18 hasta la cabeza 20 una distancia que está indicada por el espacio requerido para un  
número de sensores de monitorización que serán usados para caracterizar el entorno del reactor dentro de las  
inmediaciones en las que se coloca el perno 10. La Figura 2A es un esquema del perno mostrado en la Figura 1 con  
el tapón terminal 26 que cierra la cavidad hueca 28, mostrado retirado de la abertura. La Figura 2B es una vista  
45 extrema de la Figura 2A tomada en el extremo distal 18. La Figura 2C es la vista extrema mostrada en la Figura 2B  
con el tapón terminal 26 retirado, dejando al descubierto un módulo dividido 30 de sensor encerrado dentro de una  
vainas metálica 32. La Figura 2D es una vista en sección transversal de la Figura 2A tomada a lo largo de las líneas  
IID-IID de la misma que muestra los sensores dentro de la cavidad hueca 28. Los sensores son dispositivos pasivos  
autónomos que incluyen uno o más de un dosímetro termoluminiscente 34 o un cristal óptico LiF; un cable 36 de  
50 activación con revestimiento de acero inoxidable con blindaje de cadmio; cable 38 de fusión eutéctica de  
temperatura máxima; y un cable 40 de activación con revestimiento de acero inoxidable, no blindado. Se pretende  
que un sensor pasivo se refiera a un dispositivo de sensor que es inactivo mientras se encuentre en el reactor, es  
decir, no transmite al exterior del reactor la información que es obtenida mientras se encuentre dentro del reactor,  
hasta que sea extraído del reactor.

55 La Figura 3 es una vista diferente en perspectiva del fijador mostrado en la Figura 1 con el módulo 30 de sensor  
parcialmente retirado de la cavidad hueca 28. Según se puede apreciar en la Figura 3, los sensores pueden estar  
soportados en compartimentos divididos de manera circunferencial y axial. El módulo 30 de sensor puede tener una  
chaveta según se muestra en 42 para montar en un surco axial en la pared lateral de la cavidad hueca 28 para fijar  
la orientación del módulo de sensor. La vaina externa 32, del módulo 30 de sensor mostrado en la Figura 3, ha sido  
retirada parcialmente para dejar a la vista los sensores.

En consecuencia, el sensor fijador de esta realización tiene una o más cavidades que pueden contener uno o más sensores, tales como: cables de activación neutrónica rodeados de tubos hipodérmicos de acero inoxidable; dosimetría de rayos gamma, tales como detectores termoluminiscentes o cristales LiF; monitores de temperatura, tales como cables de fusión de diversos metales rodeados por un tubo de vidrio; muestras de material a escala reducida (por ejemplo, Charpy o de tracción); y/o uno o más organizadores internos para contener y colocar cualquiera o la totalidad de los anteriores. El dispositivo tiene suficiente espacio interno para proporcionar la separación adecuada entre cualquiera de los cables de activación neutrónica blindados con cadmio y los cables de activación neutrónica no blindados. Se pueden usar marcas cóncavas para determinar la alineación y la orientación de rotación con respecto a las características internas bien conocidas de la vasija del reactor; proporcionar la indexación de ubicación al personal del laboratorio que carga o descarga el dispositivo; y distinguir adicionalmente el perno de detección de los pernos tradicionales (no marcados). Preferentemente, todas las esquinas tienen chaflanes para reducir esfuerzos durante el uso y un tapón terminal escalonado está soldado en el perno para garantizar un cierre a presión. Idealmente, se construye el fijador de un material que es, en todo o en parte, resistente a la corrosión y tiene una composición elemental que es propicia a las aplicaciones de dosimetría, por ejemplo, acero inoxidable 347. El perno 10 también puede construirse de un material que es resistente a la corrosión y tenga una composición elemental —por ejemplo, titanio— que minimiza la activación neutrónica, que reducirá finalmente las responsabilidades de logística y de manejo y la dosis de radiación al personal de análisis posterior a la irradiación.

Se ilustra una realización alternativa en las Figuras 4 y 5 y se diferencia de las anteriores realizaciones porque emplea una característica abocinada circunferencialmente 44 en la cabeza 20 para acoplarse de manera mecánica con un surco mecanizado de manera circunferencial u otra característica en un orificio vacío preexistente del perno. Se usan números similares de referencia para identificar componentes correspondientes entre las varias figuras. La realización mostrada en las Figuras 4 y 5 elimina la necesidad de llevar a cabo operaciones de soldadura *in situ* para instalar barras de bloqueo para fijar el fijador de sustitución. La región ampliada 46 en el vástago 14 del fijador 10 que es mostrada roscada se mantiene con el mismo perfil general para casar con las roscas hembra del encofrado y no baja hasta el perfil del vástago de diámetro reducido para mantener el blindaje ofrecido por ese material al vástago en un perno de pantalla tradicional. En otros aspectos, las realizaciones ilustradas en las Figuras 4 y 5 son similares a las descritas anteriormente.

Las Figuras 6 y 7 ilustran otra realización de la aplicación del fijador de tipo perno del inserto de sensor reivindicado en lo que sigue, que es una alternativa a la descrita anteriormente con respecto a las Figuras 1-5 e incluye una característica 48 de bloqueo mecánico que, en este caso, es un conjunto de barra de bloqueo, que acopla mecánicamente y bloquea la orientación de las roscas 12 una vez instalado. Esta característica mecánica incluye una barra de bloqueo que es circular, elíptica, o poligonal en su sección transversal que es insertada a través de un orificio 52 en la cabeza 20 del perno y a través de una ranura 54 perforada axialmente a través de la rosca 12 y a través de una ranura perforada a través de la rosca hembra en el orificio en el componente del interior del reactor al que está fijada. La barra 50 de bloqueo está fijada en su lugar con una pinza circular 58 de muelle que se expande hacia fuera que se expande contra un agujero escariado 56 en la cabeza 20 del perno. De manera alternativa, la barra de bloqueo puede estar soldada a la cabeza para fijarla en su lugar. El conjunto de barra de bloqueo evita la rotación mediante el acoplamiento con la ranura en el extremo distal 18 y entre el mismo del perno 10 de dosimetría y la ranura a través de la rosca hembra en el orificio del componente del interior del reactor al que está fijado.

Las disposiciones de atornillado en los componentes del interior del reactor están especificadas de manera conservadora; lo que significa que algunos pernos son superfluos. Preferentemente, la realización del fijador de dosimetría neutrónica del inserto de sensor de la presente invención puede sustituir los pernos que no soportan carga, aunque los fijadores contruidos según la presente pueden soportar algunas cargas. Con las cavidades internas 28 diseñadas para contener la dosimetría neutrónica, la dosimetría fotónica, monitores de temperatura máxima y/o muestras de material, cerrados preferentemente con un tapón soldado, el contenido está sujeto y protegido del entorno externo hostil. Estas cavidades pueden ser evacuadas y llenadas de nuevo con un gas inerte para una protección adicional. Para permitir el análisis posterior a la irradiación, el tapón 26 es soldado al extremo distal 18 y tiene un contorno axial escalonado que puede ser cortado y retirado en una celda caliente. Además, el inserto de sensor, las estructuras internas, y/o el tapón pueden estar fabricados de un material que es resistente a la corrosión y tiene una composición elemental que es propicia a las aplicaciones de dosimetría, por ejemplo, acero inoxidable 347. Tal material proporcionaría la activación de hierro, níquel, cobalto y niobio que podría contarse después para caracterizar el entorno de flujo neutrónico dentro del cual ha residido el dispositivo. De manera alternativa, parte o la totalidad del material del inserto de sensor puede ser elegida para que sea resistente a la corrosión y tenga una composición elemental (por ejemplo, titanio) que minimiza la activación neutrónica que reducirá finalmente las responsabilidades de logística y manejo y la dosis de radiación al personal de análisis posterior a la irradiación.

Los insertos de sensores, contruidos según la presente memoria, pueden ser usados en diferentes ubicaciones múltiples (de manera radial, axial y acimutal) para proporcionar un mapa tridimensional del entorno de la radiación y/o de la temperatura. Estos insertos de sensores son particularmente adecuados para su uso como pernos de pantalla-encofrado, especialmente en componentes del interior de la vasija del reactor que son sometidos a radiación significativa y/o han experimentado pernos rotos, lo que se piensa que está causado por cambios en el material inducidos por la radiación. Los fijadores están diseñados para instalarse, fijarse y retirarse de una manera

idéntica que los pernos que están sustituyendo. Sin embargo, tienen la información de identificación para permitir que los operarios de la central confirmen la ubicación y la orientación. También hay marcas que permiten que el personal de laboratorio cargue y descargue el contenido de los insertos de sensores a la vez que registra de manera precisa las ubicaciones del contenido.

5 Aunque las realizaciones de fijador fueron indicadas como particularmente adecuadas para su uso como pernos de pantalla-encofrado, estos tipos de dispositivos de insertos de dosimetría; es decir, pueden usarse dispositivos que se pueden instalar que encapsulan monitores para sensores de neutrones, temperatura pico, y/o rayos gamma que son insertados en un componente del interior del reactor, en vez de un tapón de canal ciego para llevar a cabo la monitorización de la placa superior del núcleo. Tal dispositivo también podría insertarse en un tubo de canal ciego intranuclear y podría ubicarse para abordar cualquier posición axial en la parte inferiores del interior. Los anteriores son solo ejemplos de los muchos usos que puede tener tal dispositivo.

10 Por ejemplo, las Figuras 8 y 9 muestran una realización de un conjunto de tapón de canal ciego del conjunto de combustible que puede beneficiarse de la presente invención. Los conjuntos de tapón de canal ciego son insertados en canales ciegos no usados en un conjunto de combustible ubicado en una posición en el núcleo a la que no acceden las varillas de control, para restringir el flujo a través de parte o la totalidad de esos canales ciegos no usados. Según se ha hecho notar anteriormente, se usan los números de referencia similares para identificar componentes correspondientes entre las varias figuras. La Figura 8 es una vista en planta de un conjunto 60 de tapón de canal ciego y la Figura 9 es una vista en alzado del conjunto de tapón de canal ciego de la Figura 8 con uno de los tapones 62 de canal ciego (en el lado izquierdo de la figura) sustituido por un inserto de sensor cuyo módulo 30 de sensor alojado en su cavidad hueca interna 28 (representada por las líneas de puntos) es idéntico al que se ha descrito anteriormente. Cada uno de los tapones 62 de canal ciego está soportado por una placa 64 de base y suspendido de la misma. La placa 64 de base tiene una vaina 66 que se extiende de manera vertical ubicada centralmente que tiene un tapón agrandado 72 que retiene un conjunto de barra montado de manera deslizante que es empujado en una dirección ascendente por un muelle 68 enrollado en torno a la vaina. Cuando se colocan en el núcleo con los componentes internos en su sitio, los tapones de canal ciego serán insertados en los tubos guía del conjunto vacío de combustible y el conjunto 70 de barra será presionado contra la placa superior del núcleo con el muelle 68 comprimido para evitar que vibre el conjunto de tapón de canal ciego. Salvo por su configuración saliente, el inserto de sensor en la forma de un tapón 62 de canal ciego está configurado internamente igual que la realización 10 de tipo perno.

25 Una diferencia fundamental entre las cápsulas de vigilancia de la técnica anterior y el inserto de sensor reivindicado a continuación, es la colocación de los sensores dentro de un componente del interior del reactor o en lugar de un componente del interior del reactor para que los sensores se encuentren íntimamente próximos a la región de interés (por ejemplo, dentro de las pantallas o las placas superior e inferior del núcleo). De esa manera los sensores pueden registrar el entorno real que está experimentando el material/componente de interés.

35 En cambio, las cápsulas de vigilancia de la técnica anterior son colocadas para irradiar las muestras de material de la vasija del reactor con una tasa acelerada con respecto a la propia vasija del reactor para proporcionar prestaciones avanzadas de análisis para determinar cómo se comportará el material de la vasija del reactor más adelante en su vida. Sin embargo, la colocación también registra un espectro relativamente duro de neutrones debido a que el agua que cae, modera adicionalmente el flujo neutrónico en la vasija del reactor con respecto a la posición de la cápsula de vigilancia en el exterior del barrilete del núcleo. Además, debido al agua, no se reflejaría ningún gradiente térmico. Por lo tanto, las cápsulas de vigilancia no proporcionan una comparación espectral y térmica realmente biunívoca con lo que está experimentando la vasija del reactor. Con el fin de monitorizar el interior de la vasija del reactor, que experimenta un espectro aún más duro, los insertos de sensores de la presente invención son superiores y eliminan cualquier discrepancia en el espectro o en el entorno térmico.

45 Aunque desde fuera parezca lógico colocar los sensores para monitorizar el interior como se colocan las cápsulas de vigilancia de la técnica anterior hay, sin embargo, varias razones por las que esa lógica no es eficaz. En primer lugar, la tasa de radiación de los sensores en la ubicación de la cápsula de vigilancia de la técnica anterior, retrasaría la del material/componente real de interés. En segundo lugar, las estructuras internas masivas de acero inoxidable del reactor blindarían, hasta cierto punto, el sensor del flujo neutrónico que estaba experimentando el material/componente real de interés. Además, el entorno de la temperatura sería significativamente diferente dado que hay una diferencia de temperatura en la extensión radial en el interior de la vasija del reactor. Además, poner las cápsulas de vigilancia de la técnica anterior en el exterior del barrilete del núcleo proporciona una lectura conservadora de los efectos ambientales sobre el material de la vasija del reactor. Sin embargo, poner los sensores del interior del reactor en el exterior del barrilete del núcleo, por las razones expuestas anteriormente, no es conservador y no proporcionaría información representativa de lo que está experimentando o experimentará el interior.

Además, mientras se han descrito en detalle realizaciones específicas de la invención, las personas expertas en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a esos detalles en vista de las enseñanzas generales de la divulgación. Por ejemplo, los sensores, en vez de estar cargados a través del extremo distal, podrían ser cargados a través de una abertura en la cabeza que es sellada posteriormente con un tapón. En

consecuencia, está previsto las realizaciones particulares divulgadas sean solamente ilustrativas y no limitantes en cuanto el alcance de la invención que está dado por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5           1. Un componente (10) del reactor configurado para ser soportado en el interior (60) de un reactor, teniendo el componente del reactor un inserto (30) de sensor para monitorizar de manera pasiva una o más condiciones ambientales que rodean la ubicación del inserto de sensor, comprendiendo el componente del reactor:  
una cabeza (20);  
un vástago alargado (14) que se extiende desde la cabeza hasta un extremo distal (18), teniendo el vástago un compartimento hueco (28) que se extiende al menos parcialmente entre el extremo distal y la cabeza y configurándose un perfil en sección transversal del vástago alargado para encajar en una abertura en el interior (60) del reactor;  
10 un tapón terminal (26) para sellar el compartimento hueco (28) en el extremo distal (18), fijado al extremo distal; uno o más sensores ambientales pasivos autónomos (34, 36, 38, 40), fijados en el inserto de sensor dentro del compartimento hueco (28); y  
**caracterizado por** un anclaje para fijar el vástago alargado en la abertura en el interior del reactor una vez se ha insertado el vástago en la abertura, incluyendo el anclaje un mecanismo de bloqueo que fija una orientación del vástago dentro de la abertura en el interior del reactor, en el que el mecanismo de bloqueo es una barra de bloqueo que se extiende a través de una abertura en la cabeza y a través de un surco en una superficie del vástago y está configurado para encajar parcialmente en un surco en una superficie de una pared en la  
15 abertura en el interior del reactor, en el que se ha de insertar el vástago.
- 20           2. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que los sensores ambientales (34, 36, 38, 40) comprenden una pluralidad de sensores ambientales configurados respectivamente para monitorizar diferentes parámetros ambientales.
3. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que los uno o más sensores ambientales (34, 36, 38, 40) comprenden muestras de material, dosimetría o monitores de temperatura máxima.
- 25           4. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que el inserto (30) de sensor incluye una o más marcas codificadas (24, 74) que identifican la ubicación y/o la orientación del inserto de sensor en el interior (60) del reactor.
5. El componente del reactor de la reivindicación 1, en el que el anclaje (12) comprende uno de una rosca, ya sea macho o hembra, que se extiende sobre al menos una porción del vástago (14), que está dimensionada para casar con otra de una rosca macho o hembra en la abertura del interior (60) del reactor.
- 30           6. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que el vástago (14) tiene una dimensión axial a lo largo de la dimensión alargada del vástago y el compartimento hueco (28) está dividido en compartimentos separados axiales y/o circunferenciales en el inserto de sensor, en los que los uno o más sensores ambientales pasivos autónomos (34, 36, 38, 40) están respectivamente soportados.
- 35           7. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que los uno o más sensores ambientales pasivos autónomos (34, 36, 38, 40) están alojados dentro de una vaina dividida (32) en el inserto (30) de sensor, dentro de la cual los sensores están separados, estando dimensionada la vaina para deslizarse al interior y al exterior del compartimento hueco (28).
8. El componente (10) del reactor de la reivindicación 7, en el que la vaina (32) tiene una característica de posicionamiento que fija la orientación de la vaina con respecto al compartimento hueco (28).
- 40           9. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que los uno o más sensores ambientales (34, 36, 38, 40) incluyen un cable de activación neutrónica que está encerrado dentro de un tubo de acero inoxidable con un blindaje de cadmio.
10. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que el vástago (14) comprende acero inoxidable 347 y/o titanio.
- 45           11. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que el extremo distal (18) del vástago (14) tiene una circunferencia mayor que una porción (16) del vástago que se extiende desde la cabeza (20).
12. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que la cabeza (20) tiene una extensión circunferencial abocinada (44) configurada para acoplarse mecánicamente con un surco o ranura mecanizado de manera circunferencial en la abertura del interior (60) del reactor.
- 50           13. El componente (10) del reactor de la reivindicación 1, en el que el componente (30) del reactor tiene un perfil externo sustancialmente idéntico al perfil de otro componente (60) del reactor.

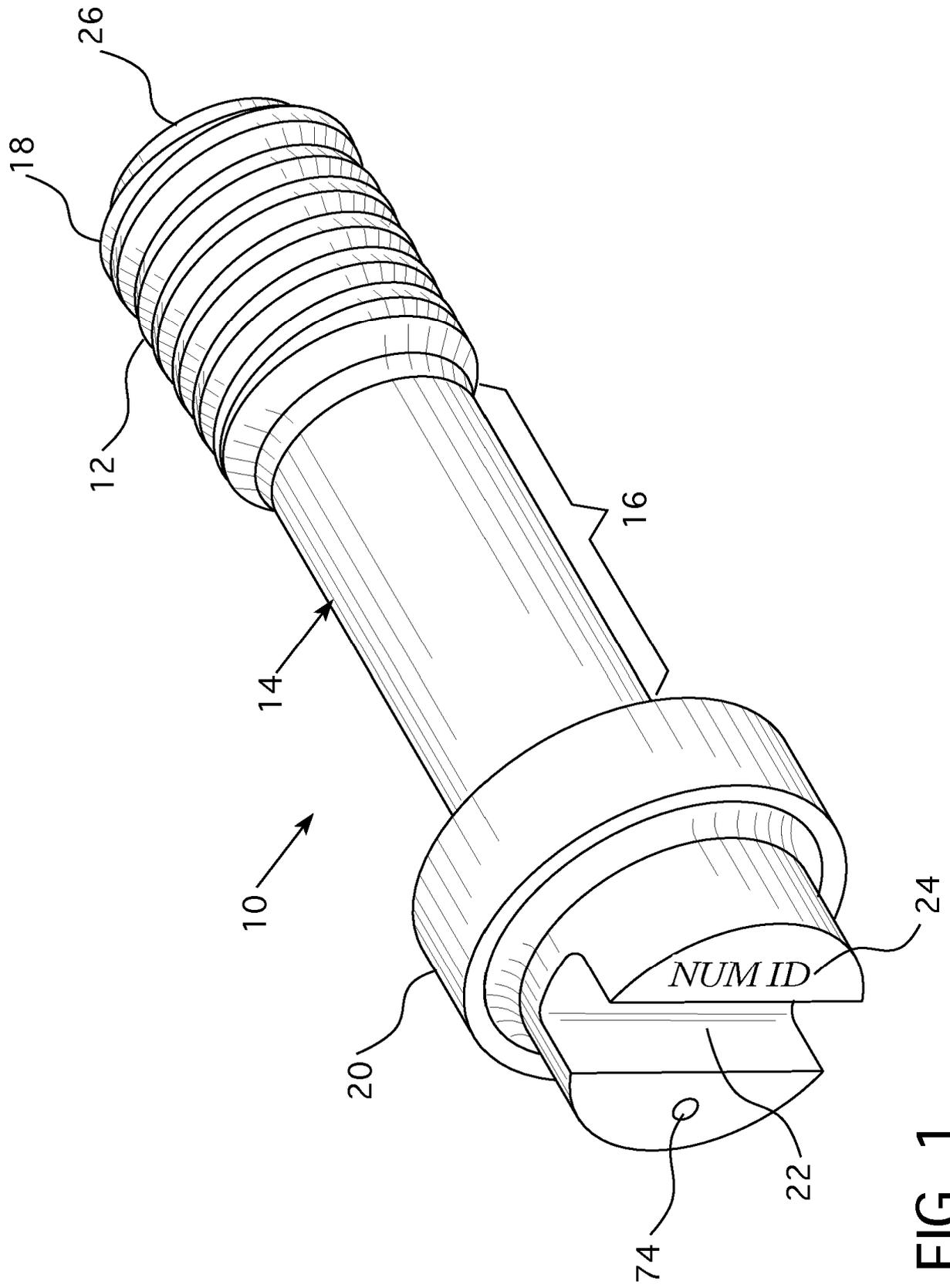


FIG. 1

FIG. 2A

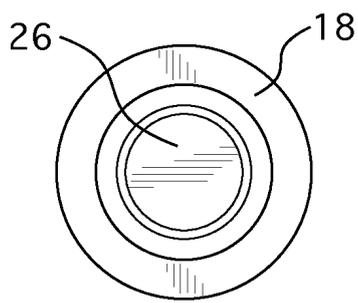
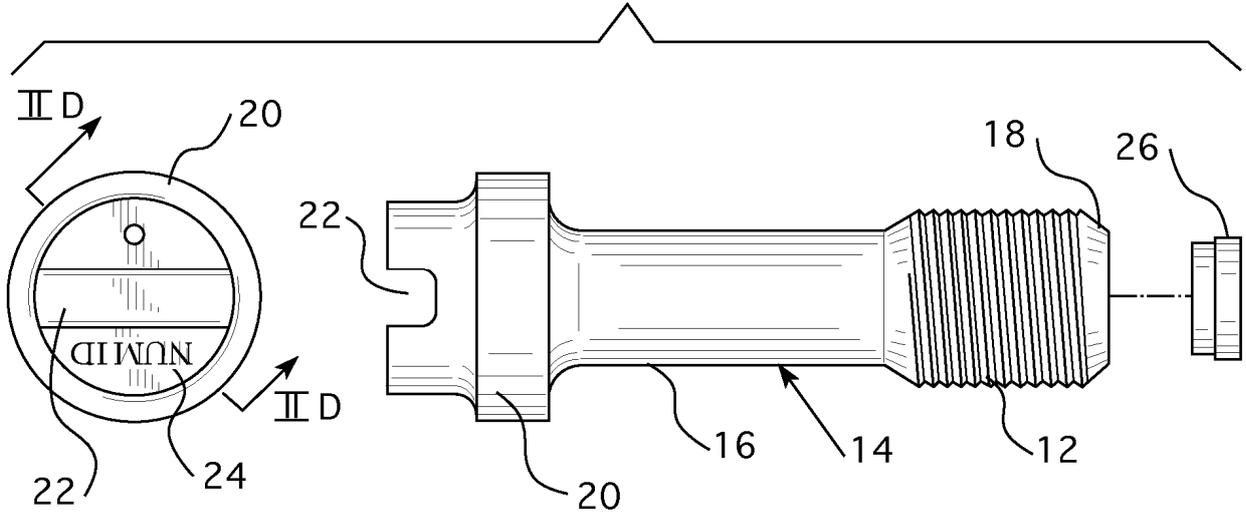


FIG. 2B

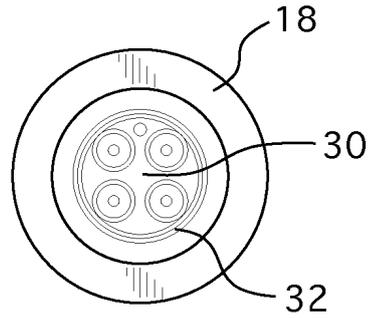


FIG. 2C

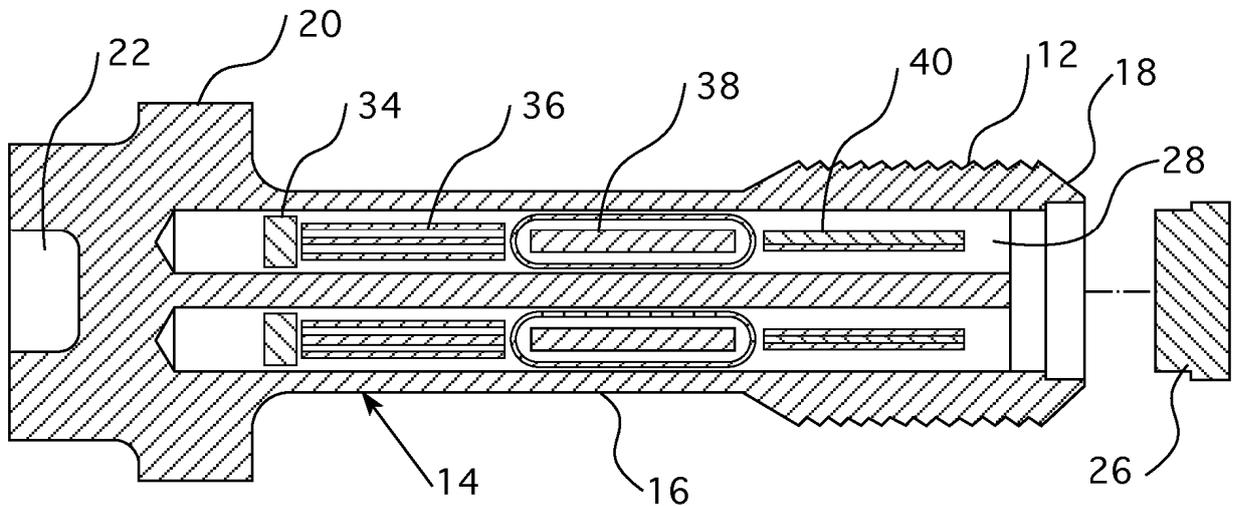


FIG. 2D

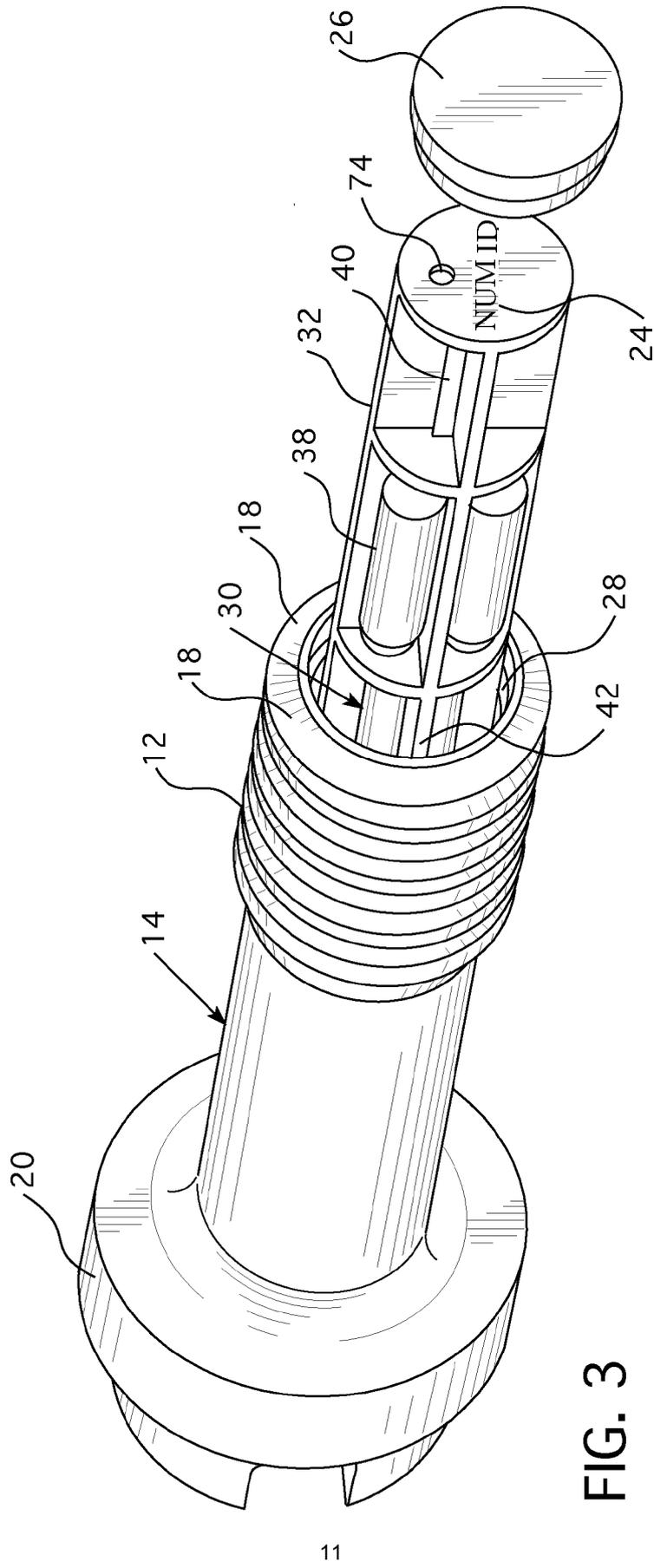


FIG. 3

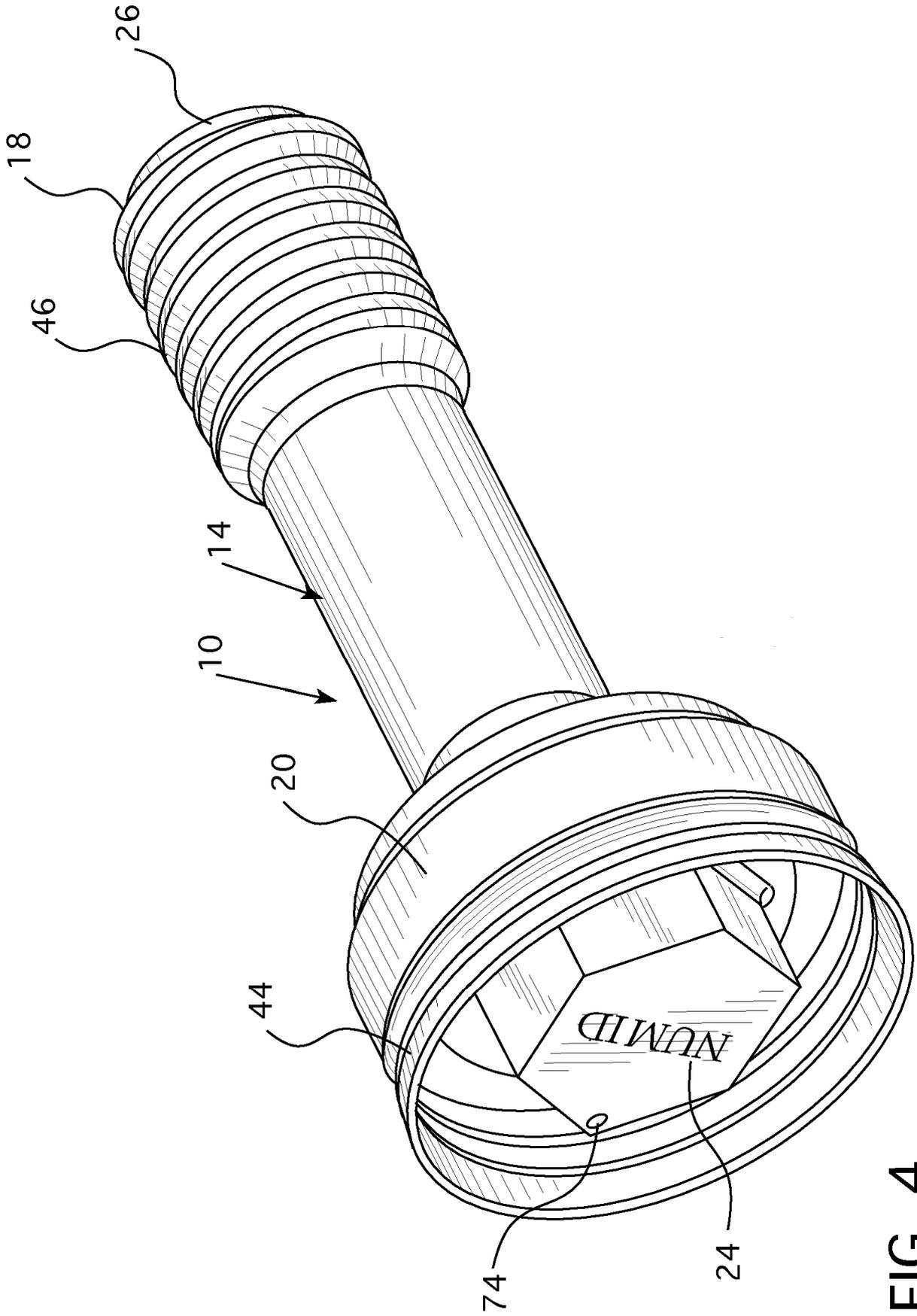


FIG. 4

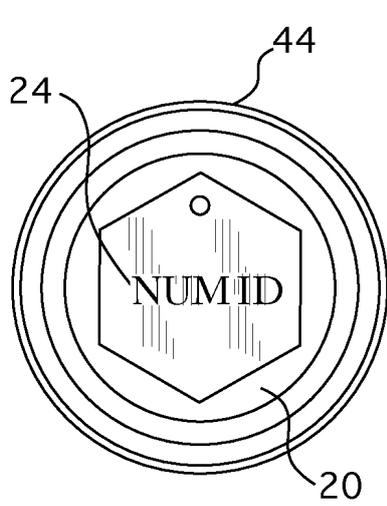


FIG. 5A

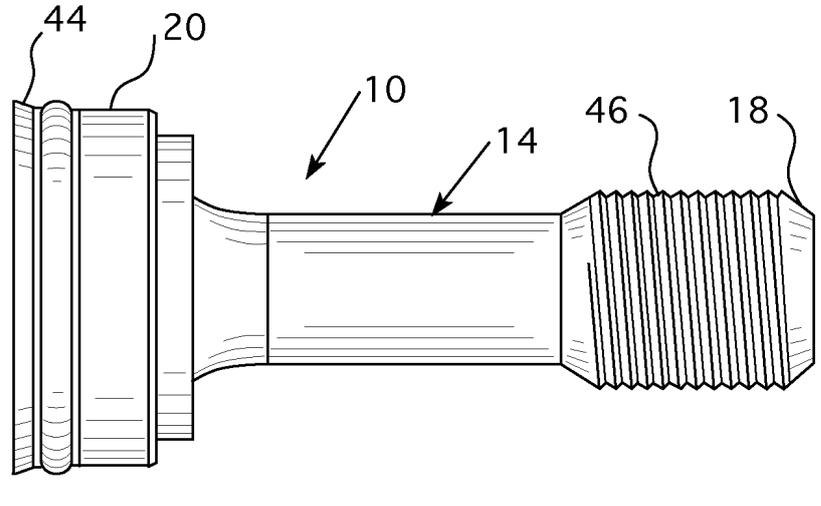


FIG. 5B

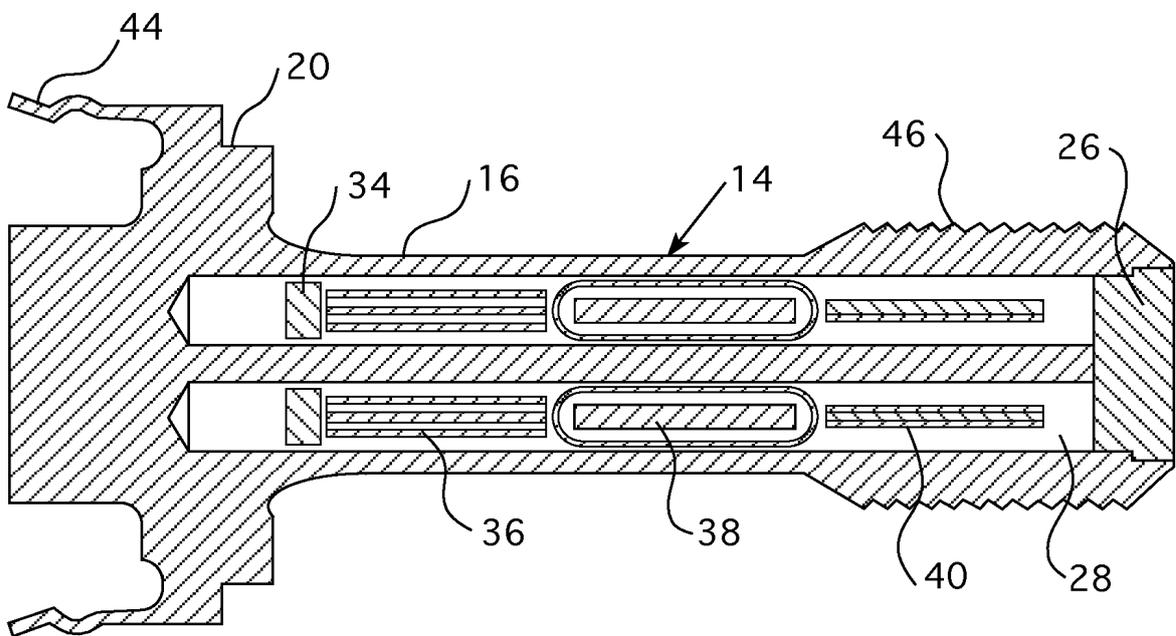


FIG. 5C

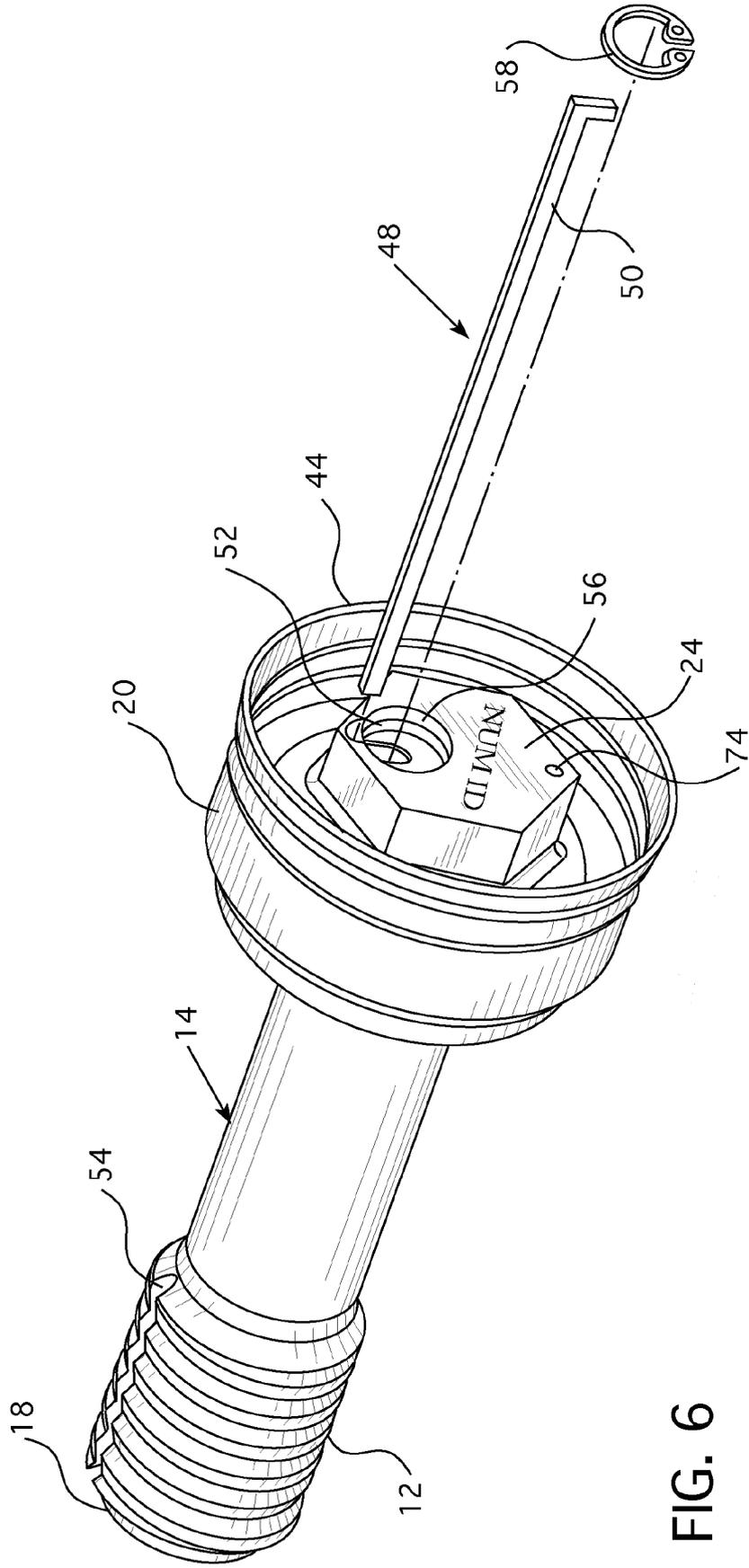


FIG. 6

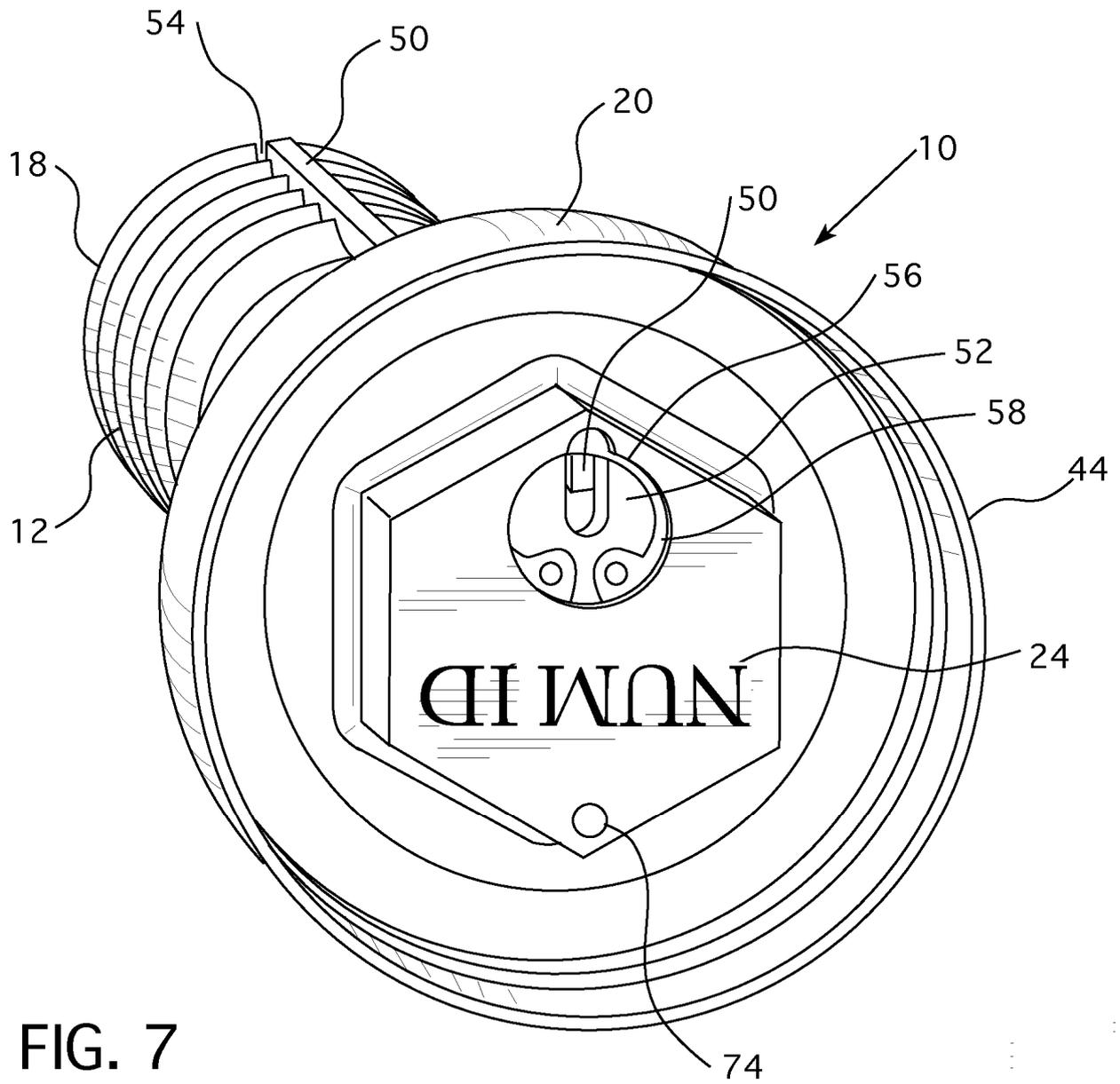


FIG. 7

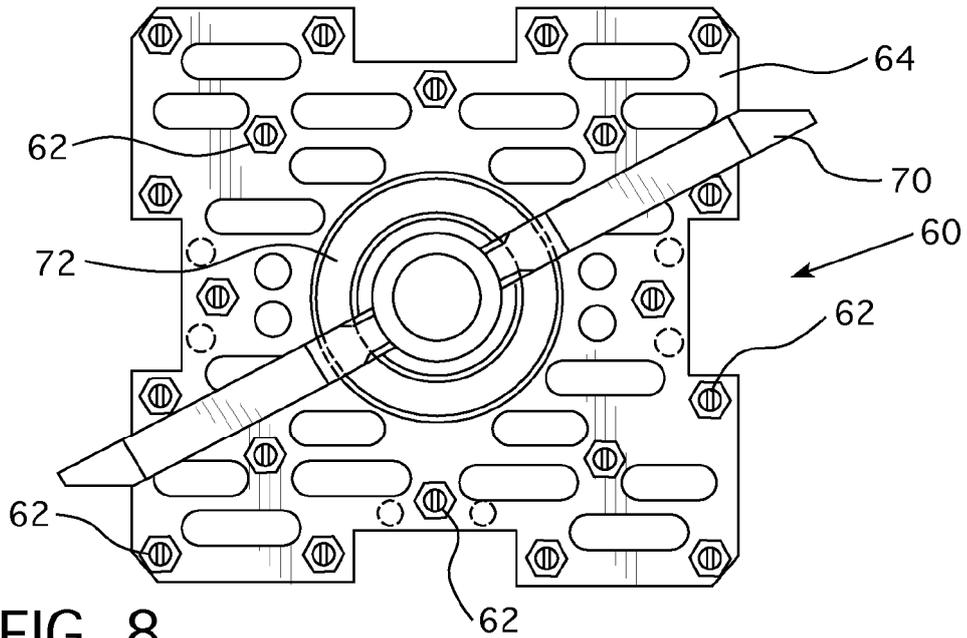


FIG. 8

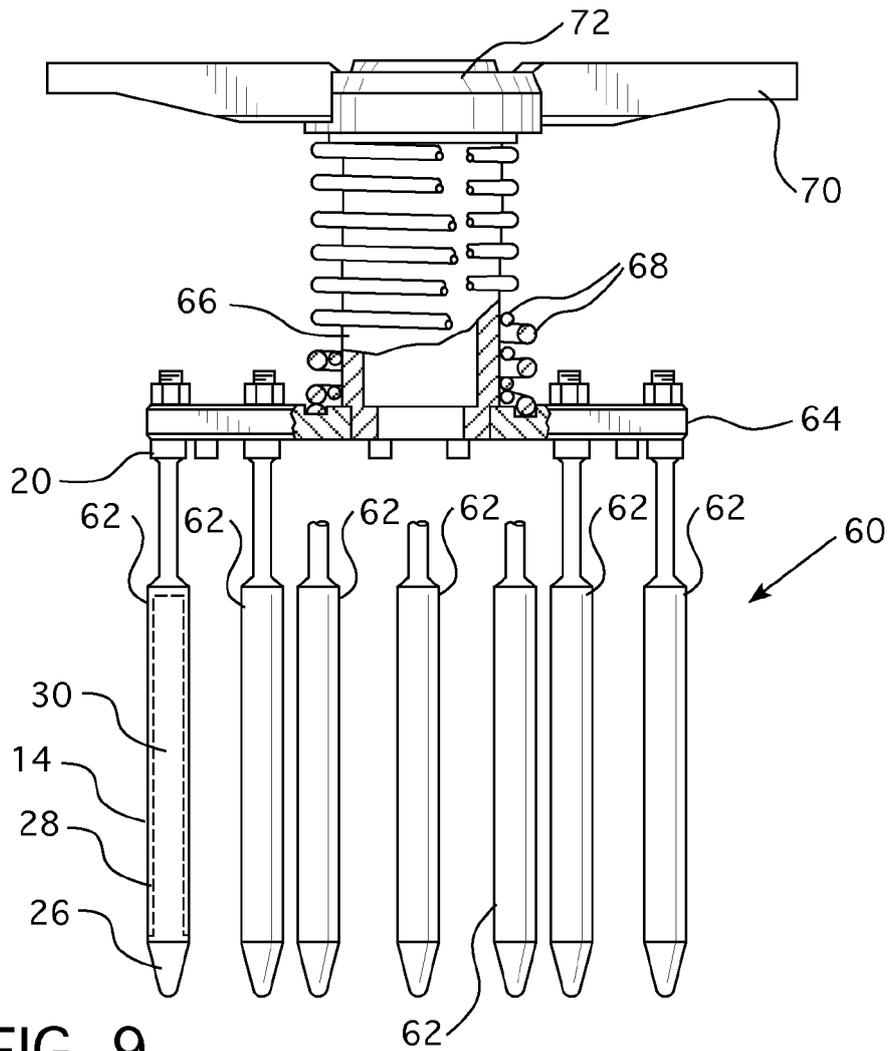


FIG. 9