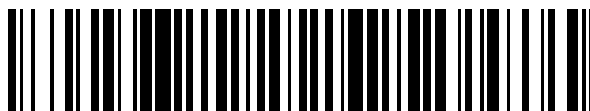


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 004**

51 Int. Cl.:

G21C 3/33 (2006.01)

G21C 21/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2015 PCT/US2015/015521**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2015 WO15175041**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2015 E 15793124 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3127122**

54 Título: **Conjunto de combustible nuclear con baja caída de presión**

30 Prioridad:

03.04.2014 US 201414243954

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

26.07.2019

73 Titular/es:

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

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

72 Inventor/es:

**BROACH, KIRKLAND D.;
LEWIS, MICHAEL L.;
PETERSON, MARK W.;
HUEGEL, DAVID S. y
FRICK, PEYTON M.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 721 004 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 nuclear con baja caída de presión

Antecedentes**1. Campo**

- 5 La presente invención se refiere generalmente a reactores nucleares y, más particularmente, atañe a la reducción de la caída de presión a través de la tobera inferior de un conjunto de combustible nuclear.

2. Técnica relacionada

10 El lado principal de los sistemas de generación de potencia de un reactor nuclear, los cuales se enfrían mediante agua bajo presión, comprende un circuito cerrado que está aislado y en relación de intercambio de calor con un circuito secundario para la producción de energía útil. El lado principal comprende el depósito del reactor que encierra una estructura interna de núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos de combustible que contienen material fisionable, el circuito principal dentro de los generadores de vapor de intercambio de calor, el volumen interior de un presionador, bombas y tuberías para la circulación de agua a presión; conectando las tuberías cada uno de los generadores de vapor y bombas al depósito del reactor independientemente. Cada una de las partes del
15 lado principal que comprende un generador de vapor, una bomba y un sistema de tuberías que se conectan al depósito forman un bucle del lado principal.

20 Con fines ilustrativos, la Figura 1 muestra un sistema principal nuclear simplificado, que incluye un depósito 10 de presión del reactor generalmente cilíndrico que tiene una cabeza de cierre 12 que encierra un núcleo 14 del reactor nuclear. Un refrigerante líquido del reactor, tal como agua, se bombea hacia el depósito 10 mediante la bomba 16 a través del núcleo 14 en el que la energía calorífica es absorbida y se descarga a un intercambiador de calor 18 normalmente denominado generador de vapor, en el que el calor se transfiere a un circuito de utilización (no mostrado), tal como un generador de turbina accionado por vapor. El refrigerante del reactor se devuelve luego a la bomba 16, completando el bucle principal. Normalmente, una pluralidad de bucles anteriormente descritos se conecta a un único depósito 10 del reactor mediante una canalización 20 del refrigerante del reactor.

25 En la Figura 2 se muestra en mayor detalle un diseño de reactor convencional ejemplar. Además del núcleo 14 compuesto por una pluralidad de conjuntos de combustible 22 paralelos, verticales y que se extienden conjuntamente, por motivos de la presente descripción, las otras estructuras internas del depósito pueden estar divididas en los elementos internos inferiores 24 y los elementos internos superiores 26. En los diseños convencionales, la función de los elementos internos inferiores es la de soportar, alinear y guiar los componentes del núcleo y su instrumentación, así como dirigir el fluido dentro del depósito. Los elementos internos superiores restringen o proporcionan una restricción secundaria a los conjuntos de combustible 22 (en la Figura 2 solo se muestran dos de estos por motivos de simplicidad) y soportan y guían la instrumentación y los componentes, tales como las barras de control 28. En el reactor ejemplar mostrado en la Figura 2, el refrigerante entra en el depósito 10 del reactor a través de una o más toberas de entrada 30, fluye hacia abajo a través de un anillo entre el depósito del reactor y el barrilete 32 del núcleo, gira 180° en un plenum inferior 34, pasa hacia arriba a través de la placa inferior 37 de soporte y la placa inferior 36 de núcleo sobre las que se asientan los conjuntos de combustible y a través de y alrededor de los conjuntos de combustible. En algunos diseños, la placa inferior 37 de soporte y la placa inferior 36 de núcleo se sustituyen por una única estructura, una placa inferior de soporte de núcleo que tiene la misma elevación que 37. Normalmente, el flujo de refrigerante a través del núcleo y área circundante 38 es grande, del orden de 1500 m² (400.000 galones) por minuto a una velocidad de aproximadamente 6 m (20 pies) por segundo. La caída de presión y las fuerzas de fricción resultantes provocan una fuerza ascendente en el conjunto de combustible, cuyo movimiento se ve restringido por los elementos internos superiores que incluyen una placa superior 40 de núcleo circular. El refrigerante que sale del núcleo 14 fluye a lo largo del lado inferior de la placa superior 40 de núcleo y hacia arriba a través de una pluralidad de perforaciones 42. Entonces, el refrigerante fluye hacia arriba y radialmente a una o más de las toberas de salida 44.
45

50 Los elementos internos superiores 26 están soportados por el depósito o la cabeza del depósito e incluyen un conjunto superior 46 de soporte. Las cargas se transmiten entre el conjunto superior 46 de soporte y la placa superior 40 de núcleo, principalmente por una pluralidad de columnas de soporte 48. Una columna de soporte está alineada por encima de un conjunto de combustible 22 seleccionado y perforaciones 42 en la placa 40 superior de núcleo.

55 Las barras de control 28 móviles de manera rectilínea, las cuales incluyen normalmente un eje impulsor 50 y un conjunto 52 en forma de araña de barras de veneno nuclear (esto se muestra y se describe más completamente con respecto a la Figura 3), se guían a través de los elementos internos superiores 26 y hacia conjuntos de combustible 22 alineados mediante tubos 54 de guía de barra de control. Los tubos de guía se juntan fijamente al conjunto superior 46 de soporte y la parte superior de la placa superior 40 de núcleo. La disposición de la columna de soporte 48 ayuda a retrasar la deformación del tubo de guía bajo condiciones de accidentes, las cuales podrían afectar negativamente a la capacidad de inserción de la barra de control.

La Figura 3 es una vista en alzado, representada de forma verticalmente acortada, de un conjunto de combustible que aparece designado generalmente por el número de referencia 22. El conjunto de combustible 22 es el tipo usado en un reactor de agua a presión y tiene un armazón estructural que, por su extremo inferior, incluye una tobera inferior 58. La tobera inferior 58 soporta el conjunto de combustible 22 en la placa inferior 36 de núcleo en la región del núcleo del reactor nuclear. Además de la tobera inferior 58, el armazón estructural del conjunto de combustible 22 también incluye una tobera superior 62 por su extremo superior y varios tubos o manguitos de guía 84 que se alinean con los tubos de guía 54 en los elementos internos superiores. Los tubos o manguitos de guía 84 se extienden longitudinalmente entre las toberas inferior 58 y superior 62 y están unidos a estas de manera rígida por los extremos opuestos.

El conjunto de combustible 22 incluye, además, una pluralidad de rejillas transversales 64 espaciadas axialmente a lo largo de y montadas a los manguitos de guía 84 y una agrupación organizada de barras de combustible 66 alargadas espaciadas transversalmente y soportadas por las rejillas 64. También, el conjunto 22, tal y como se muestra en la Figura 3, tiene un tubo de instrumentación 68 situado en el centro de este que se extiende entre y está capturado por las toberas inferior 58 y superior 62. Con tal disposición de partes, el conjunto de combustible 22 forma una unidad integral capaz de ser manejada convenientemente sin dañar el conjunto de partes.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las barras de combustible 66 en su agrupación en el conjunto 22 están sujetas en relación espaciada entre sí mediante las rejillas 64 espaciadas a lo largo de la longitud del conjunto de combustible. Cada barra de combustible 66 incluye una pluralidad de pastillas de combustible nuclear 70 y está cerrada por sus extremos opuestos mediante tapones de extremo superior 72 e inferior 74. Las pastillas 70 se mantienen apiladas por un resorte 76 del pleno dispuesto entre el tapón de extremo superior 72 y la parte superior del apilamiento de pastillas. Las pastillas de combustible 70, compuestas por material fisionable, son las responsables de la creación de la potencia reactiva del reactor. La vaina que rodea las pastillas funciona como una barrera para impedir que entren bioproductos de fisión en el refrigerante y que contaminen el sistema del reactor.

Para controlar el procedimiento de fisión, varias barras de control 78 se pueden mover recíprocamente en los manguitos de guía 84 situados en posiciones predeterminadas en el conjunto de combustible 22. Específicamente, un mecanismo de control 80 sacudidor de barra, posicionado por encima de las toberas superiores 62 de los conjuntos de combustible seleccionados, soporta una pluralidad de barras de control 78. El mecanismo de control tiene un elemento de cubo 82 cilíndrico roscado internamente con una pluralidad de enganches o brazos 52 que se extienden radialmente que forman la forma de araña señalada anteriormente con respecto a la Figura 2. Cada brazo 52 está interconectado a una barra de control 78 de manera que el mecanismo 80 de barra de control pueda operarse para mover las barras de control verticalmente en los manguitos de guía 84 para controlar, de ese modo, el procedimiento de fisión en el conjunto de combustible 22 correspondiente, bajo la potencia motriz de un eje impulsor 50 de la barra de control que está acoplado al cubo 80 de la barra de control, todo esto de una manera sobradamente conocida.

El documento US 5 867 551 A desvela un conjunto de combustible nuclear para su uso en un reactor de agua a presión que comprende una tobera superior y una tobera inferior, barras de combustible cargadas y soportadas mediante rejillas entre estas y un elemento de filtro interpuesto entre la rejilla más inferior y la tobera inferior. Para impedir la intromisión de sustancias extrañas tales como las lineales en el agua refrigerante bajo fluido en el conjunto de combustible, el elemento de filtro está configurado para tener porciones sobresalientes cónicas hacia arriba y porciones sobresalientes cónicas hacia abajo por debajo de las barras de combustible y por debajo de un área de esquina de cruce de las paredes de las celdas de la rejilla, respectivamente, para que las porciones sobresalientes hacia arriba puedan definirse en esta cada una con cuatro agujeros pasantes para el fluido del agua, formando, de este modo, una cara sólida entrecruzada curvada en una zona sombreada proyectada verticalmente de la barra de combustible mientras que las porciones sobresalientes hacia abajo pueden definirse en esta cada una con un agujero pasante de una forma entrecruzada curvada para el fluido de agua en una zona sombreada proyectada verticalmente del área de esquina de cruce de las paredes de las celdas. Debido a la construcción, un área proyectada total de los agujeros pasantes sobre una placa de núcleo inferior es casi cero.

El documento US 5 345 483 A desvela una disposición de recogida de residuos, para un reactor de agua en ebullición, para su incorporación dentro del plénum de flujo corriente arriba o por debajo de la rejilla de soporte de la barra del conjunto de placa de refuerzo inferior. Preferentemente, el dispositivo se coloca dentro del plénum de flujo de placa de refuerzo inferior entre el orificio de entrada del haz de combustible y la estructura de la rejilla de soporte de la barra que soporta las barras de combustible; una colocación alternativa puede incluir cualquier canal de entrada corriente arriba de las barras de combustible que incluya la pieza fundida de soporte de combustible. Se utilizan placas emparejadas que definen agujeros desviados y resaltes. Los resaltes están soportados en la cincha de la placa entre los respectivos agujeros. Preferentemente, los agujeros son de planta cuadrada con esquinas debidamente redondeadas y en relieve que definen los bordes de la cincha. Los resaltes pueden ser cilíndricos, cuadrados o rectangulares en sección transversal.

Es deseable tener un flujo equilibrado a través del núcleo del reactor, es decir, sustancialmente la misma caída de presión a través de cada uno de los conjuntos de combustible, para que alguno de los conjuntos de combustible no opere a temperaturas más altas que otros conjuntos de combustible. La salida de potencia está limitada por el elemento de combustible en operación más caliente. La reducción de la caída de presión sin comprender otras características beneficiosas proporciona al diseñador del conjunto de combustible la oportunidad de añadir otras características para compensar la caída de presión reducida, que, por ejemplo, puede promover una mezcla que

potenciará la transferencia de calor que se puede traducir en una salida de potencia aumentada del núcleo. Las toberas inferiores de los conjuntos de combustible, que incluyen una placa superior horizontal con un gran número de agujeros pasantes de flujo, contribuyen significativamente a esa caída de presión. Esto resulta especialmente cierto para las toberas inferiores de filtro de residuos que requieren que los agujeros sean suficientemente pequeños para impedir el paso de residuos que podrían dañar la vaina de la barra de combustible tal y como se describe en la patente de EE. UU. n.º 7.822.165, cedida al cesionario de la presente solicitud. Cualquier modificación que reduzca la caída de presión a través de los conjuntos de combustible sin impactar perjudicialmente de otra forma la operación del núcleo del reactor resulta deseable.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención consiste en reducir la caída de presión a través de los conjuntos de combustible modificando el diseño de las toberas inferiores para alterar la forma de los agujeros pasantes de flujo.

Un objeto adicional de la presente invención consiste en conseguir esa reducción en la caída de presión mediante el cambio gradual del área de flujo lateral en cualquiera de ambos lados corriente arriba y corriente abajo de la placa de flujo perforada de la tobera inferior.

Sumario

Estos y otros objetos se consiguen mediante un conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1, el cual tiene una pluralidad de barras de combustible nuclear alargadas con una longitud axial extendida. Al menos una rejilla más inferior soporta las barras de combustible en una agrupación organizada que tiene espacios sin ocupar definidos ahí adaptados para permitir el flujo de refrigerante fluido a través de estos y rebasando las barras de combustible cuando el conjunto de combustible se instala en un reactor nuclear. Una pluralidad de manguitos de guía se extiende a lo largo de las barras de combustible a través de y soportando la rejilla. Una tobera inferior se dispone por debajo de la rejilla más inferior, por debajo de los extremos inferiores de las barras de combustible y soporta los manguitos de guía. La tobera inferior tiene aberturas a través de esta para permitir el flujo de refrigerante fluido hacia el conjunto de combustible. La tobera inferior incluye una placa sustancialmente horizontal soportada ortogonal al eje de las barras de combustible. La placa horizontal tiene una cara superior dirigida sustancialmente hacia la rejilla más inferior y una cara inferior en un lado inferior de la placa horizontal extendiéndose las aberturas a través de esta para el flujo de un refrigerante. Al menos algunas de las aberturas en la cara inferior tienen un primer apéndice con forma de embudo que se extiende respectivamente por debajo de la cara inferior, alrededor de al menos algunas de las aberturas en la cara inferior teniendo una abertura en la extensión sustancialmente más baja del primer apéndice un diámetro mayor que un diámetro de la abertura en la cara inferior. Una pared interna del primer apéndice disminuye en diámetro sustancialmente de manera gradual desde la abertura en la extensión sustancialmente más baja de los primeros apéndices hasta que la pared del primer apéndice transite hacia la abertura en la cara inferior. En las realizaciones, un labio en la abertura en al menos alguna de la extensión sustancialmente más baja del primer apéndice tiene un contorno festoneado y, preferentemente, el labio festoneado tiene una pluralidad de depresiones espaciadas, que se parecen al contorno de un receptáculo de huevos en un cartón de huevos y, más preferentemente, todos los labios de la abertura en la extensión sustancialmente más baja del primer apéndice tienen tal contorno festoneado.

En una realización, el conjunto de combustible nuclear incluye un segundo apéndice con forma de embudo que se extiende hacia arriba desde al menos algunas de las aberturas en la cara superior teniendo una abertura en la extensión sustancialmente más alta del segundo apéndice un diámetro mayor que un diámetro de la abertura en la cara superior. Una pared interna del segundo apéndice aumenta en diámetro sustancialmente de manera gradual desde la transición en la abertura en la cara superior a la extensión sustancialmente más alta del segundo apéndice. En esta última realización, un labio de la abertura en la extensión sustancialmente más alta del segundo apéndice tiene un contorno festoneado. De manera deseable, el segundo apéndice está rebajado al menos parcialmente dentro de la abertura en la cara superior. En una realización, la extensión más alta del segundo apéndice termina por debajo de los extremos inferiores de las barras de combustible y, de manera deseable, la extensión más alta del segundo apéndice es más pequeña que la extensión más baja del primer apéndice. Al menos algunas de las aberturas en la tobera inferior se alinean sustancialmente con los espacios sin ocupar en la rejilla más inferior.

En general, la pared interna del primer apéndice disminuye de manera gradual el área de flujo lateral axialmente a través del primer apéndice a medida que el primer apéndice transita hacia la abertura en la cara inferior. La pared interna del segundo apéndice aumenta de manera gradual el área de flujo lateral axialmente a través del segundo apéndice a medida que el segundo apéndice transita desde la abertura en la cara superior hacia los espacios de flujo sin ocupar definidos dentro de la agrupación organizada de barras de combustible.

Breve descripción de los dibujos

Se puede lograr un entendimiento mayor de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes, al leerla en conjunto con los dibujos adjuntos en los que:

la Figura 1 es una representación esquemática simplificada de un sistema de reactor nuclear al que puede aplicarse la presente invención;

La Figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un depósito del reactor nuclear y los

componentes internos a los que puede aplicarse la presente invención;

La Figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un conjunto de combustible ilustrado de forma verticalmente acortada, con partes desvinculadas para mayor claridad;

la Figura 4 es una vista isométrica de una porción de una realización de la placa superior de tobera inferior y los agujeros pasantes de flujo de la presente invención que muestra rebajes en la cara superior que interactúan con los tapones de extremo de la barra de combustible;

la Figura 5 es una vista isométrica de la realización mostrada en la Figura 4 con los tapones de extremo de barra de combustible en posición;

la Figura 6 es una vista lateral parcial de la realización ilustrada en las Figuras 4 y 5;

la Figura 7 es una vista en planta inferior de la realización ilustrada en las Figuras 4 y 5;

la Figura 8 es una vista en planta superior de la realización ilustrada en las Figuras 4 y 5 (con porciones de los tapones de extremo extraídas);

la Figura 9 es una vista isométrica en sección de otra realización de la placa superior de tobera inferior y de los agujeros pasantes de flujo de la presente invención;

la Figura 10 es la vista isométrica en sección mostrada en la Figura 9 mostrándose cómo interactúa la porción inferior de varios tapones de extremo de elemento de combustible con los apéndices de la presente invención;

la Figura 11 es una vista superior de la placa de tobera inferior horizontal de las Figuras 9 y 10, que muestra el posicionamiento de los agujeros pasantes de flujo;

la Figura 12 es una vista inferior del patrón de agujero mostrado en la Figura 11; y

la Figura 13 es una vista lateral en sección de los agujeros de flujo (mostrados con el extremo inferior de los tapones de extremo de barra de combustible).

Descripción de la realización preferente

La presente invención se refiere a una tobera inferior 58 para un conjunto de combustible que, además de soportar el conjunto de combustible 22 en la placa inferior 36 de núcleo, también contiene características que funcionan para reducir la caída de presión a través de la tobera. Esto puede apreciarse a partir de la Figura 3. La tobera inferior incluye un medio de soporte, por ejemplo, el faldón 56 mostrado en la Figura 3. El medio de soporte, faldón 56 en la presente realización, incluye una pluralidad de patas de esquina 60 para soportar el conjunto de combustible 22 en la placa inferior 36 de núcleo. Una placa plana 86 generalmente rectangular se une de manera adecuada a la superficie superior del faldón de soporte 56. En la placa 86 de la tobera de la presente realización, se proporciona un gran número de agujeros relativamente pequeños para acomodar el paso de refrigerante desde debajo de la placa 86 hacia y a través de la rejilla más inferior 88. Estos agujeros pueden ser lo suficientemente pequeños para atrapar residuos para proteger frente a daños la vaina de elemento de combustible, tal y como se describe en la patente de EE. UU. n.º 7.822.165, aunque debe apreciarse que la presente invención puede proporcionar un beneficio a la mayoría de cualquier tipo de agujero pasante de flujo en un conjunto de combustible que busque minimizar la caída de presión.

La presente invención reconoce que una parte significativa de la caída de presión asociada a la placa de flujo 86 de tobera inferior se debe a cambios abruptos en el área de flujo. Este concepto de tobera inferior avanzada incorpora características tipo "huevera" en cualquiera de los o en ambos lados corriente arriba y corriente abajo de la placa de flujo 86 de tobera inferior para cambiar de manera gradual el área de flujo lateral en la trayectoria pasante de flujo a través de la placa de flujo 86.

Las figuras 4 a 8 muestran una porción de una realización de una placa de flujo 86 que incorpora las características reivindicadas más adelante en el presente documento. La Figura 4 muestra una vista isométrica de una porción de la placa de flujo 86 con partes de los agujeros pasantes de flujo 90 desvinculadas para observar el interior de los agujeros pasantes de flujo. La Figura 5 es la vista isométrica ilustrada en la Figura 4 mostrándose en posición los tapones 74 de extremo de barra de combustible por encima de la placa de flujo 86. La Figura 6 es una vista lateral de una porción de la placa de flujo mostrada en la Figura 5. La Figura 7 es una vista en planta inferior de la placa de flujo mostrada en la Figura 5; y la Figura 8 es una vista en planta superior de la porción de la placa de flujo mostrada en la Figura 4. En el lado corriente arriba, (es decir, desde el lado inferior de la placa de flujo 86), lo cual puede apreciarse mejor a partir de la Figura 7, los salientes 92 de "huevera" delineados reducen de manera gradual el área de flujo lateral para minimizar pérdidas de forma asociadas con la rápida contracción que debe experimentar el flujo de refrigerante a medida que entra en la placa de flujo perforado a la entrada a los agujeros de flujo 90. Estos salientes 92 "de huevera" también eliminan las bolsas de alta presión de flujo de recirculación por debajo de cada ubicación de barra de combustible. Los salientes 92 son extensiones con forma de embudo de las aberturas de los agujeros pasantes de flujo 90 con un labio 98 que rodea una abertura en la extensión más inferior de los salientes 92 que tienen depresiones 94 que, en una realización, están espaciadas aproximadamente por igual alrededor de su circunferencia; aunque debe apreciarse que las depresiones no tienen que estar espaciadas por igual para obtener cierta reducción en la caída de presión. Las depresiones en el labio 94 forman un contorno festoneado. Adicionalmente, aunque se muestra que los salientes 92 que se extienden en cualquier lado de la placa de flujo 86 son aproximadamente de la misma altura, la altura puede variar sobre la superficie de la placa y seguir obteniéndose una reducción en la caída de presión.

En el lado corriente abajo (es decir, entre la placa de flujo 86 y las barras de combustible), los salientes 96 "de huevera" aumentan de manera gradual el área de flujo lateral para minimizar pérdidas de forma asociadas a la

rápida expansión y contracción que experimenta el refrigerante en la transición desde la placa de flujo 86 hasta el haz de barra de combustible. Debido a la estrecha proximidad de los tapones 74 de extremo inferior de barra de combustible, los salientes de "huevera" corriente abajo están rebajados en la cara superior de la placa 86 para interactuar con las barras de combustible 66. No existen cambios a las elevaciones axiales de las barras de combustible.

5

El desarrollo de técnicas de fabricación avanzadas tales como la fabricación aditiva hace que la fabricación de este diseño resulte más cómoda, aunque debe apreciarse que también pueden emplearse técnicas de fabricación tradicionales. Aunque el diseño de saliente de huevera se ha aplicado a las superficies superior e inferior de la placa 86 pasante de flujo, debe apreciarse que cualquiera de estos diseños puede emplearse solo para obtener cierta reducción en la caída de presión o conjuntamente para minimizar la caída de presión para un máximo beneficio.

10

Asimismo, puede conseguirse una reducción adicional en la caída de presión empleando la realización ilustrada en las Figuras 9-13. Esta realización retiene los pasos de flujo delineados únicos a la realización anterior, que tiene los agujeros pasantes de flujo alineados sustancialmente con los espacios sin ocupar entre la rejilla más inferior y la barra de combustible, pero añade una trayectoria de flujo adicional sustancialmente en línea con las barras de combustible. Los agujeros de flujo 100 adicionales son de un diseño similar a los otros agujeros de flujo 90, pero se posicionan directamente por debajo de las barras de combustible, son preferentemente de diámetro más pequeño y tienen una serie de separadores 102 que soportan las barras de combustible y que permiten que el flujo de refrigerante salga de la tobera inferior. El separador pueden ser los picos de los labios festoneados de los apéndices y garantizan que las barras de combustible no bloqueen los agujeros de flujo durante la operación. Debido a que los agujeros de flujo 100 adicionales se encuentran directamente debajo de las barras de combustible, estos proporcionan una trayectoria "sin línea de visión" para el flujo que ayuda a minimizar el paso de residuos a través de la tobera inferior y, no obstante, ayudan a reducir el coeficiente de pérdida global de la tobera inferior proporcionando una trayectoria de flujo adicional. El estudio de esta característica añadida mostró una mejora significativa sobre la realización que empleaba los apéndices sin los agujeros de flujo adicionales en línea con las barras de combustible.

15

20

Aunque las realizaciones específicas de la invención se han descrito en detalle, el experto en la materia apreciará que podrían desarrollarse varias modificaciones y alternativas a aquellos detalles a la luz de las enseñanzas globales de la divulgación. En consecuencia, las realizaciones particulares desveladas pretenden ser solo ilustrativas y no limitantes, en cuanto al ámbito de la invención al que ha de otorgarse la total amplitud de las reivindicaciones adjuntas.

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de combustible nuclear (22) que incluye:

una pluralidad de barras (66) de combustible nuclear alargadas que tienen una longitud axial extendida;
al menos una rejilla más inferior (88) que soporta dichas barras de combustible (66) en una agrupación
5 organizada y que tiene espacios sin ocupar definidos en su interior adaptados para permitir el flujo de refrigerante
fluido a través de estos y rebasando dichas barras de combustible cuando dicho conjunto de combustible (22) se
instala en un reactor nuclear (10);

una pluralidad de manguitos de guía (84) que se extienden a lo largo de dichas barras de combustible (66) a
través de y soportando dicha rejilla (88);

10 una tobera inferior (58) dispuesta por debajo de dicha rejilla (88), por debajo de los extremos inferiores de dichas
barras de combustible (66), soportando dichos manguitos de guía (84) y teniendo aberturas a través de estos
para permitir el flujo de refrigerante fluido hacia dicho conjunto de combustible (22), comprendiendo la tobera
inferior:

una placa (86) sustancialmente horizontal, ortogonal al eje de las barras de combustible (66), que tiene una
cara superior dirigida sustancialmente hacia la rejilla más inferior (88) y una cara inferior en el lado inferior de
dicha placa horizontal extendiéndose dichas aberturas (90) a través de esta para el flujo de refrigerante,

caracterizado porque al menos algunas de dichas aberturas en al menos una de cualquiera de la cara
superior o la cara inferior tienen un primer apéndice (96, 92) con forma de embudo que se extiende
respectivamente por encima de la cara superior o por debajo de la cara inferior, según el caso, alrededor de
20 al menos algunas de las aberturas en la una de la cara superior o la cara inferior teniendo una abertura en la
extensión sustancialmente más alta del primer apéndice, en el caso de la cara superior o la extensión más
baja, en el caso de la cara inferior, un diámetro mayor que un diámetro de la abertura (90, 100) en la una de
la cara superior o la cara inferior, disminuyendo sustancialmente de manera gradual en diámetro una pared
interna del primer apéndice de la abertura en la extensión sustancialmente más alta del primer apéndice en el
25 caso de la cara superior o extensión sustancialmente más baja en el caso de la cara inferior, hasta que la
pared del primer apéndice transite hacia la abertura en la cara superior o la cara inferior, según el caso, y en
el que un labio (98) de al menos algunas de las aberturas en la extensión sustancialmente más alta del primer
apéndice en el caso de la cara superior o extensión más baja en el caso de la cara inferior, tienen un
contorno festoneado.

30 2. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 1 que incluye un segundo apéndice (96, 92) con
forma de embudo que se extiende hacia afuera desde al menos algunas de las aberturas en otra de la cara superior
o la cara inferior teniendo una abertura en la extensión sustancialmente más alta de los segundos apéndices en el
caso de la cara superior o extensión más baja en el caso de la cara inferior teniendo un diámetro más grande que un
diámetro de la abertura (90, 100) en la otra de la cara superior o la cara inferior, una pared interna del segundo
35 apéndice disminuye sustancialmente de manera gradual en diámetro desde la abertura en la extensión
sustancialmente más alta de los segundos apéndices en el caso de la cara superior o extensión más baja en el caso
de la cara inferior hasta que la pared del segundo apéndice transite hacia la abertura en la otra de la cara superior o
la cara inferior.

40 3. El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 2 en el que sustancialmente todos los labios de la
extensión sustancialmente más alta de los apéndices, en la cara superior, tienen un contorno festoneado.

4. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 1 en el que los apéndices (96) a la cara superior
terminan por debajo de los extremos inferiores de las barras de combustible (66).

5. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 4 en el que la extensión más alta de los apéndices
(96) a la cara superior es más pequeña que la extensión más baja de los apéndices (92) a la cara inferior.

45 6. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 1 en el que al menos algunas de las aberturas
(100) en la tobera inferior (58) se alinean sustancialmente con los espacios sin ocupar en la rejilla más inferior (88).

7. El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 2 en el que el apéndice a la cara superior está rebajado
al menos parcialmente dentro de una correspondiente de las aberturas (90, 100) en la cara superior.

50 8. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 1 en el que las aberturas (90) para el flujo de
refrigerante se alinean con los espacios sin ocupar en la rejilla más inferior (88) que incluye aberturas adicionales
(100) alineadas con las barras de combustible (66).

9. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 8 en el que al menos algunas de las aberturas
(100) adicionales tienen apéndices (96, 92) sustancialmente iguales en el diseño general al primer apéndice.

55 10. El conjunto de combustible nuclear (22) según la reivindicación 9 en el que las aberturas (100) adicionales tienen
respectivamente un separador (102) en una salida de flujo de refrigerante, estando configurado el separador para
impedir que la barra de combustible (66) bloquee la salida de flujo de refrigerante.

11. El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 10 en el que la extensión más alta de los apéndices (96, 92) a las aberturas (100) adicionales en la cara superior tienen un labio festoneado (98) que forma picos y valles en el que los picos forman el separador (102).

5 12. El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 8 en el que las aberturas (100) adicionales son de diámetro más pequeño que las aberturas (92) alineadas con los espacios sin ocupar.

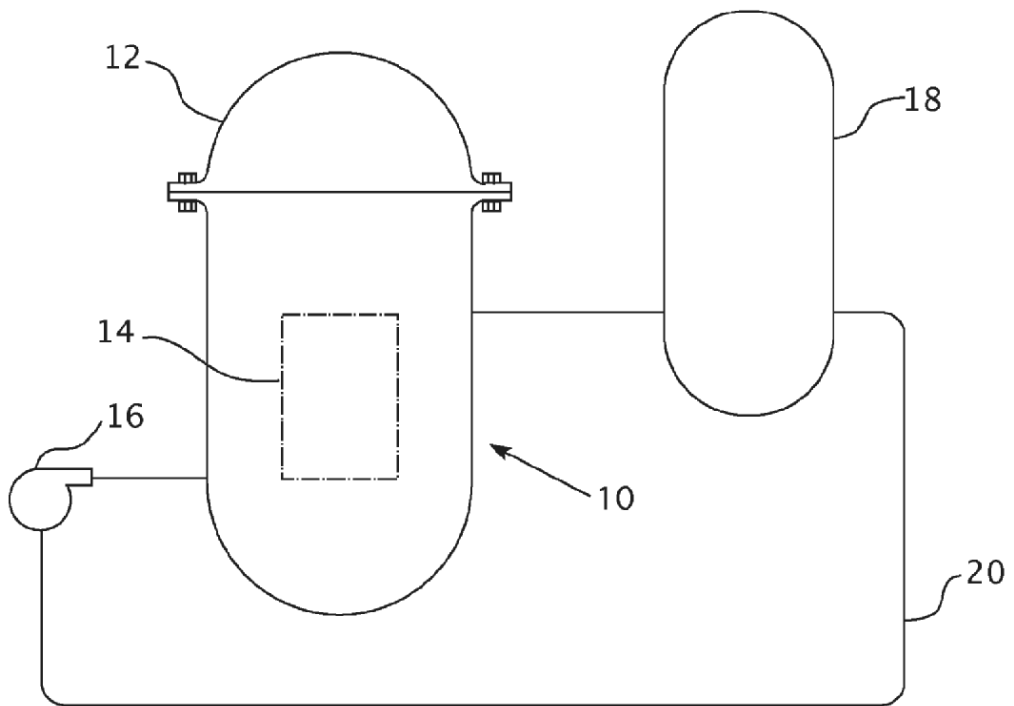
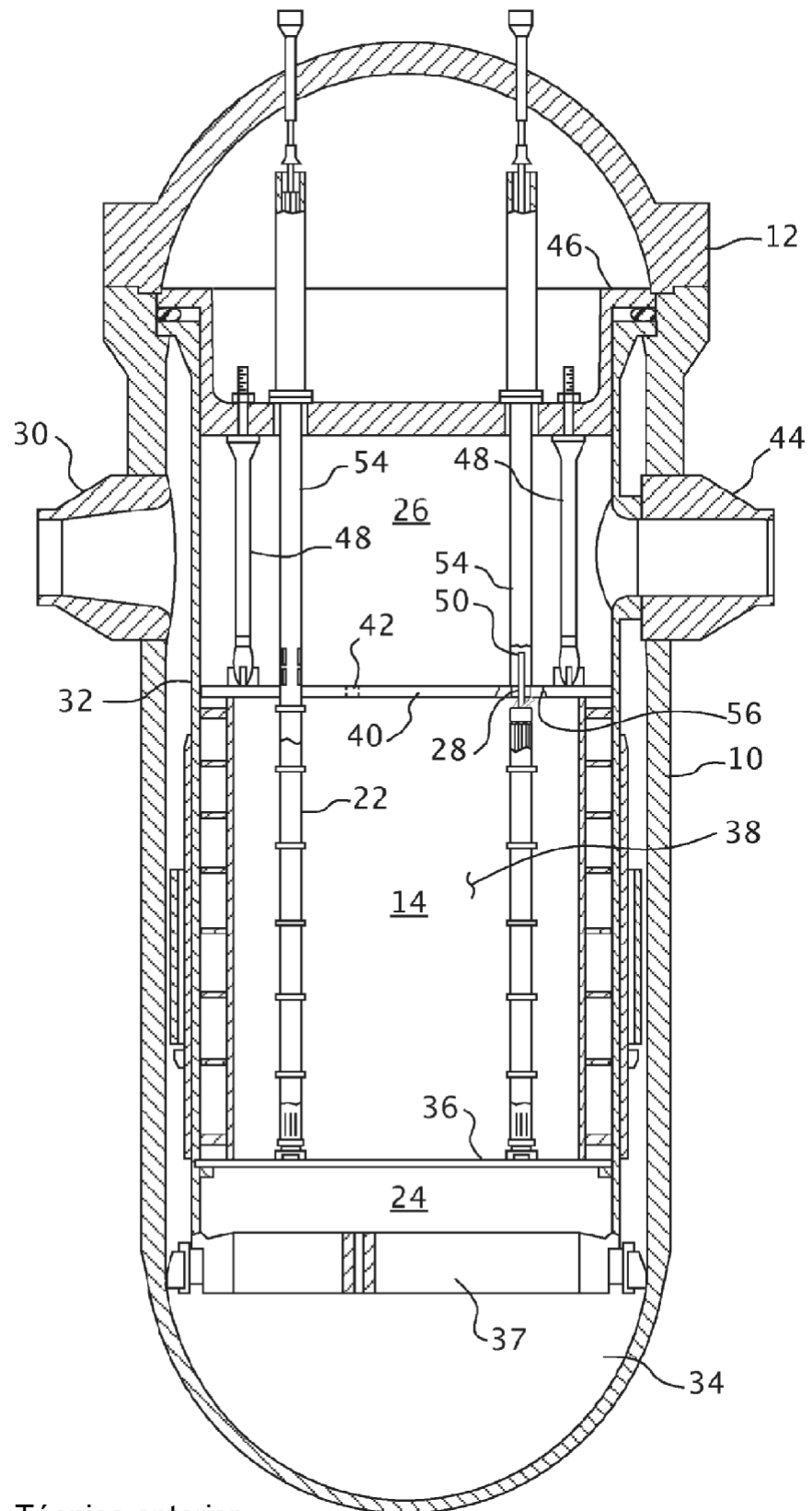


FIG. 1 Técnica anterior



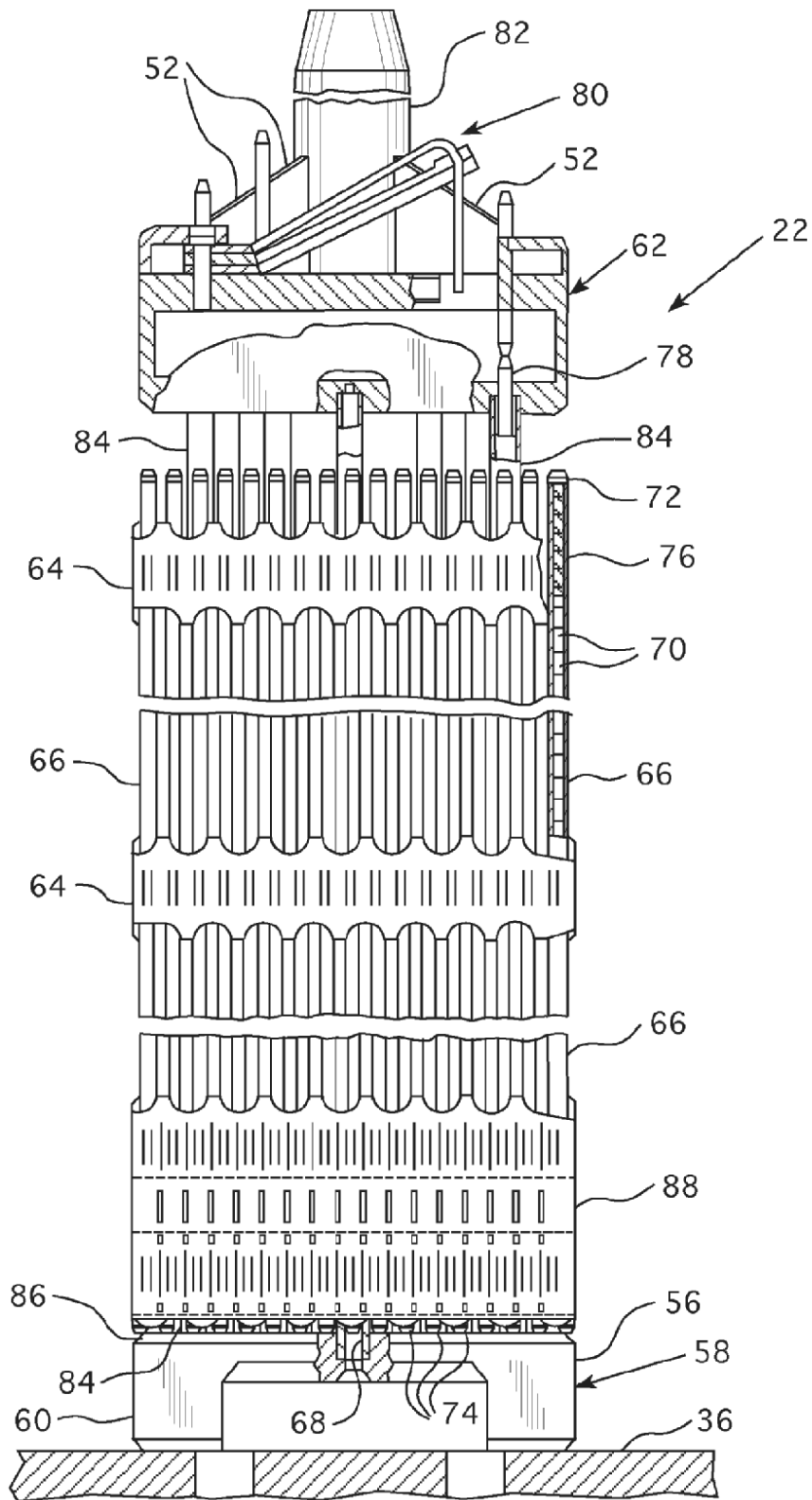


FIG. 3 Técnica anterior

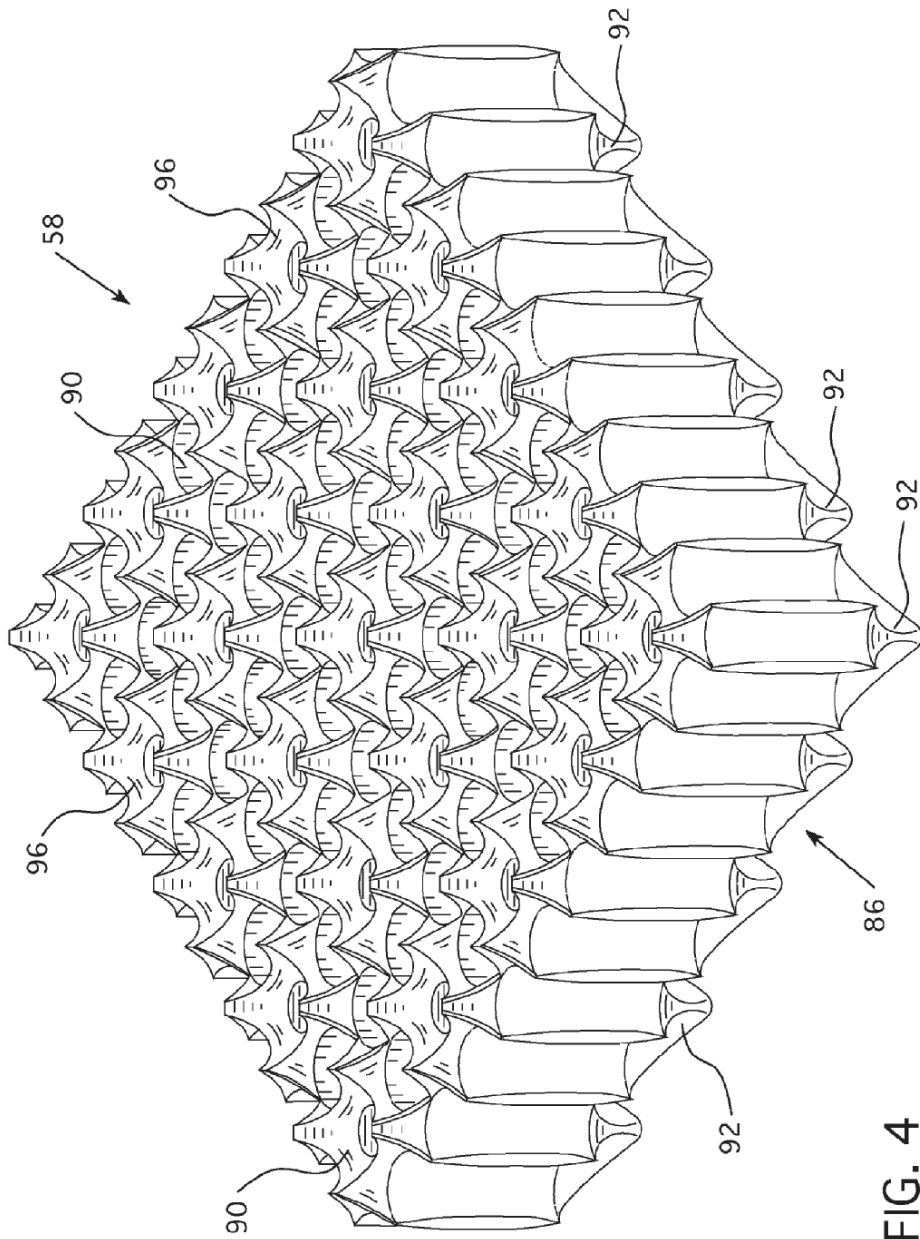


FIG. 4

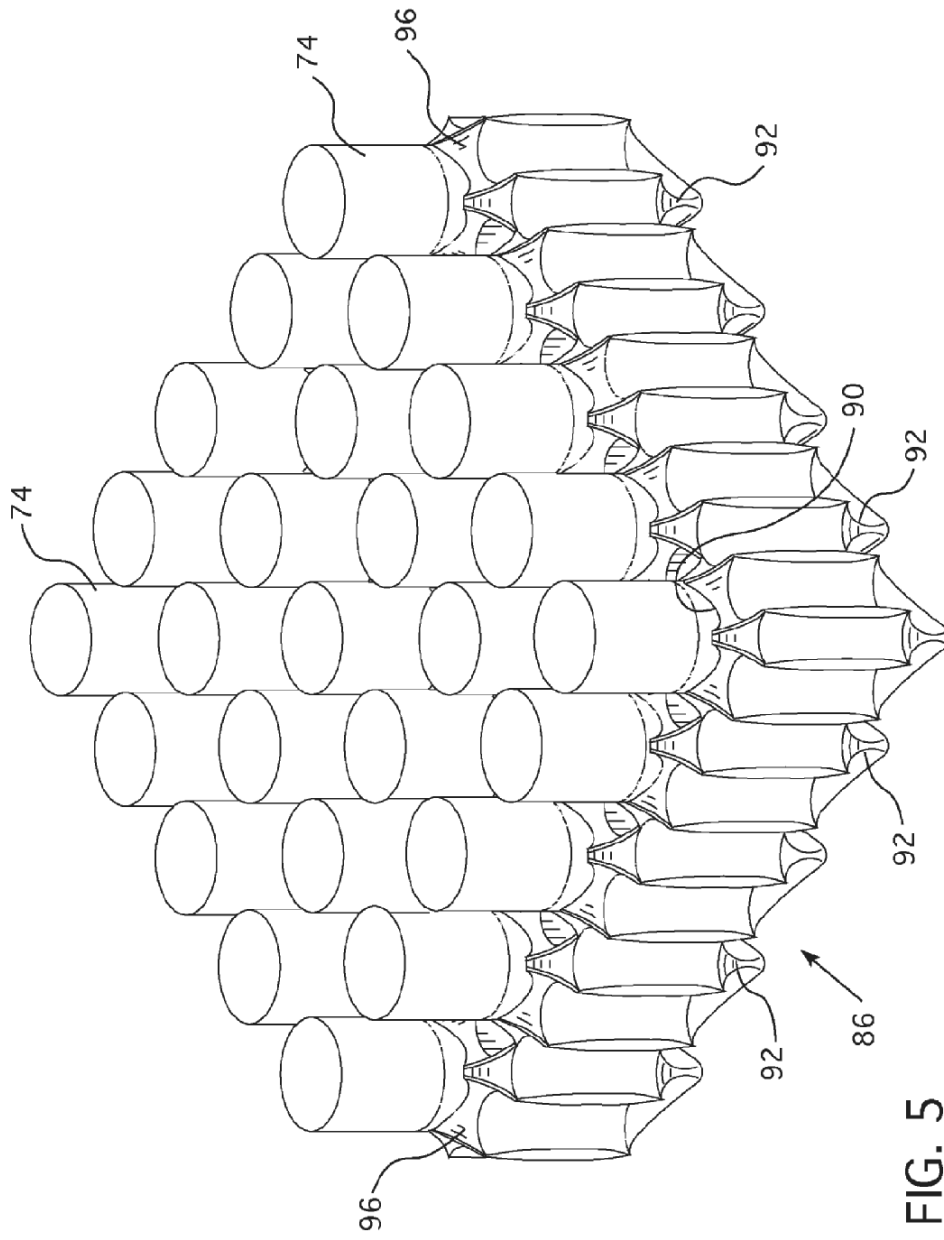
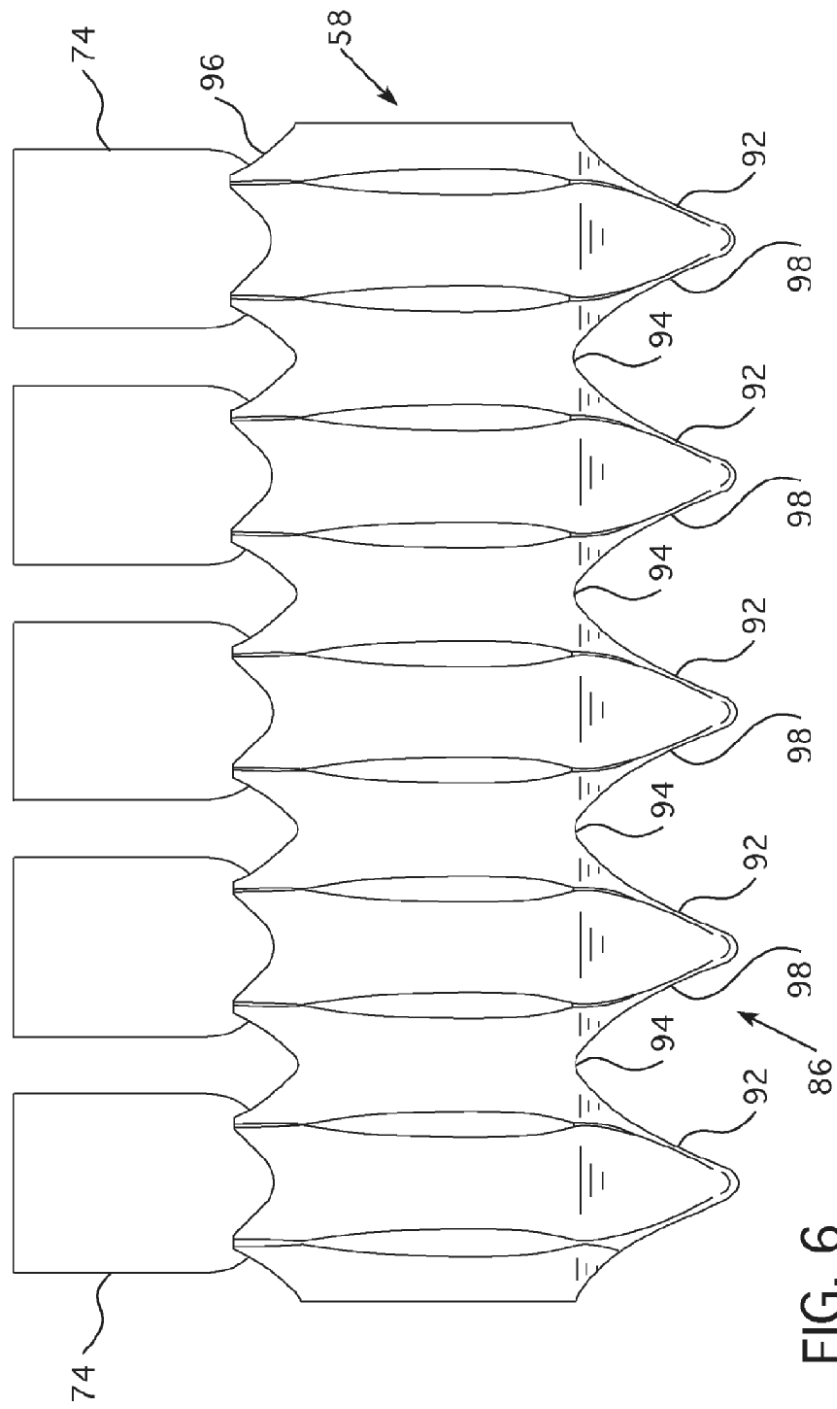


FIG. 5



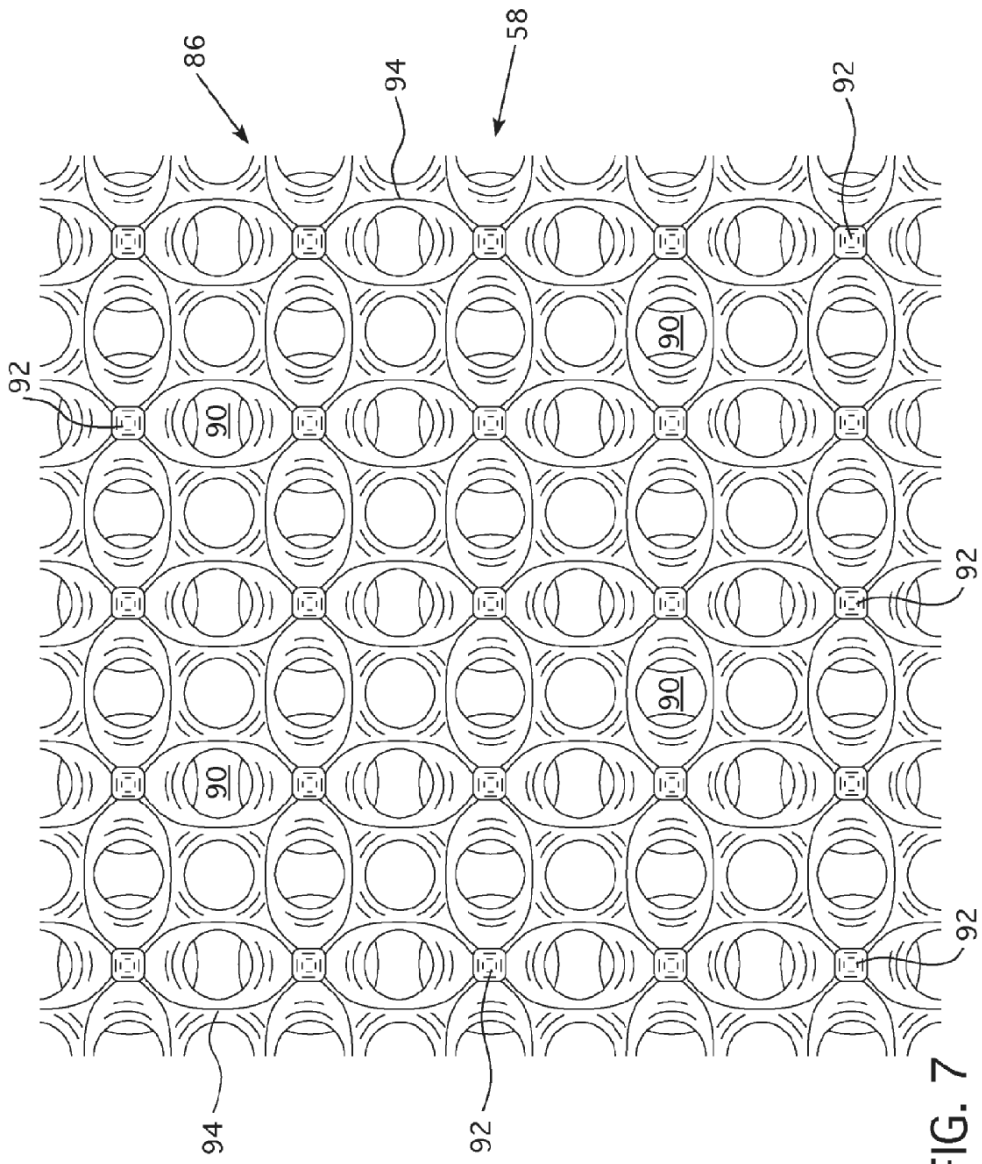


FIG. 7

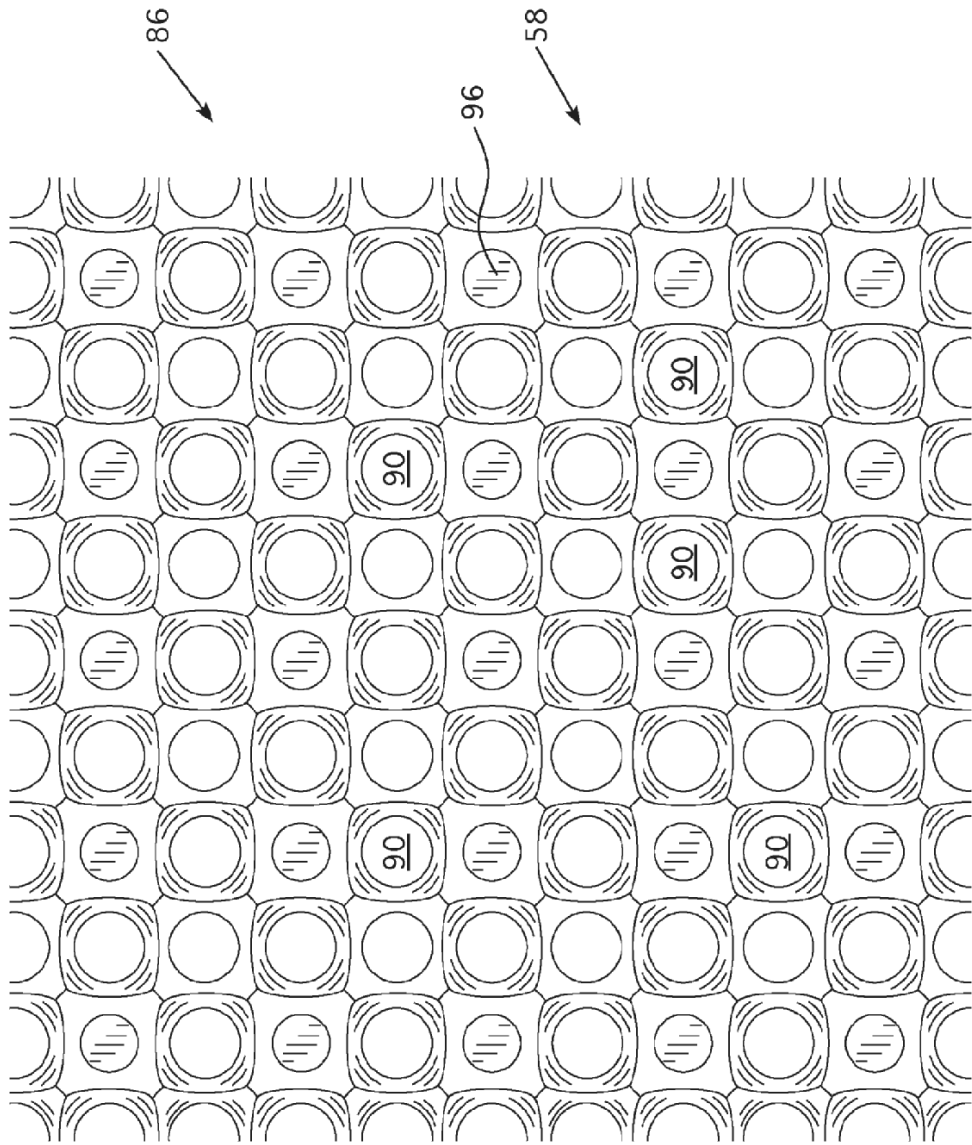


FIG. 8

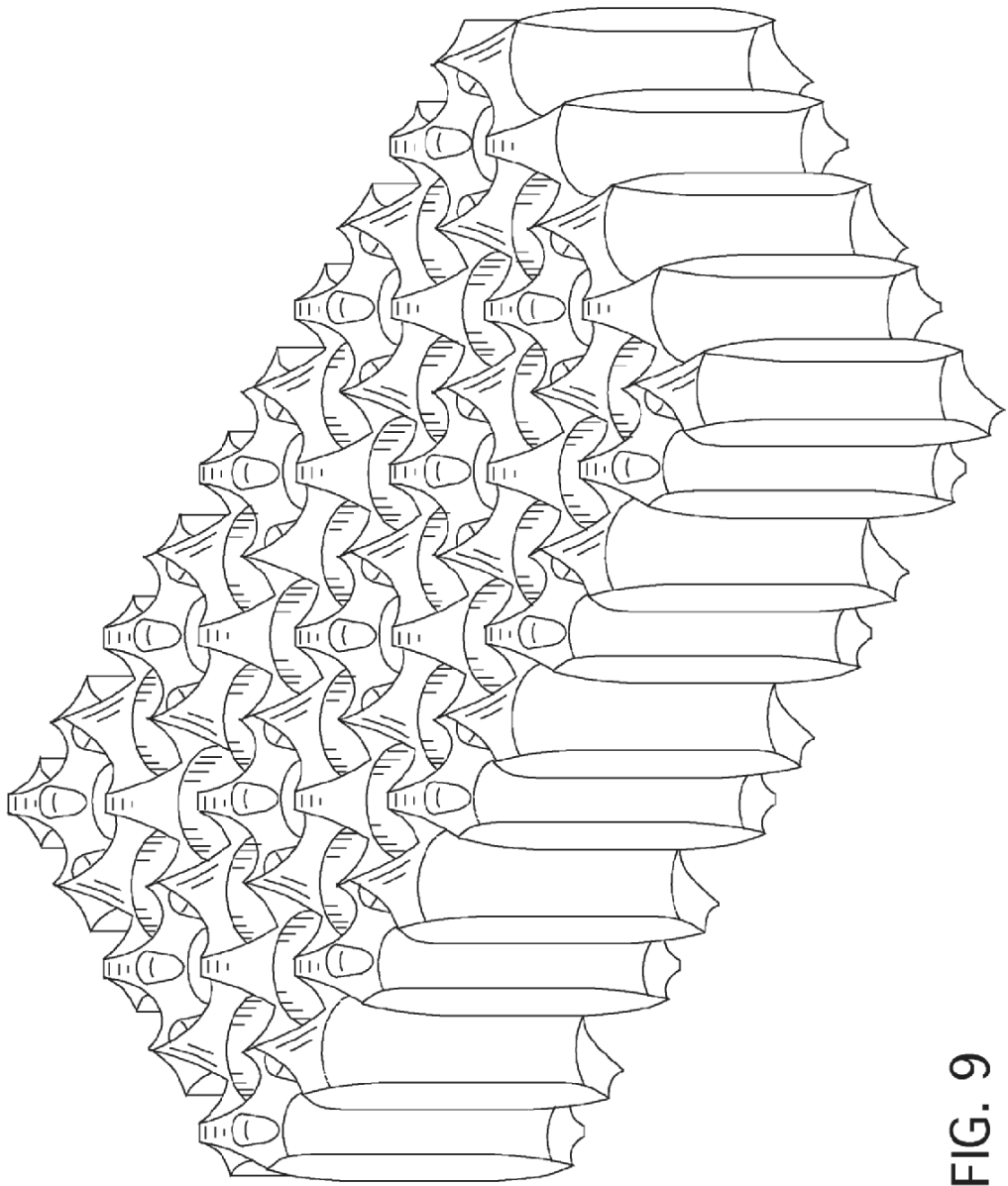


FIG. 9

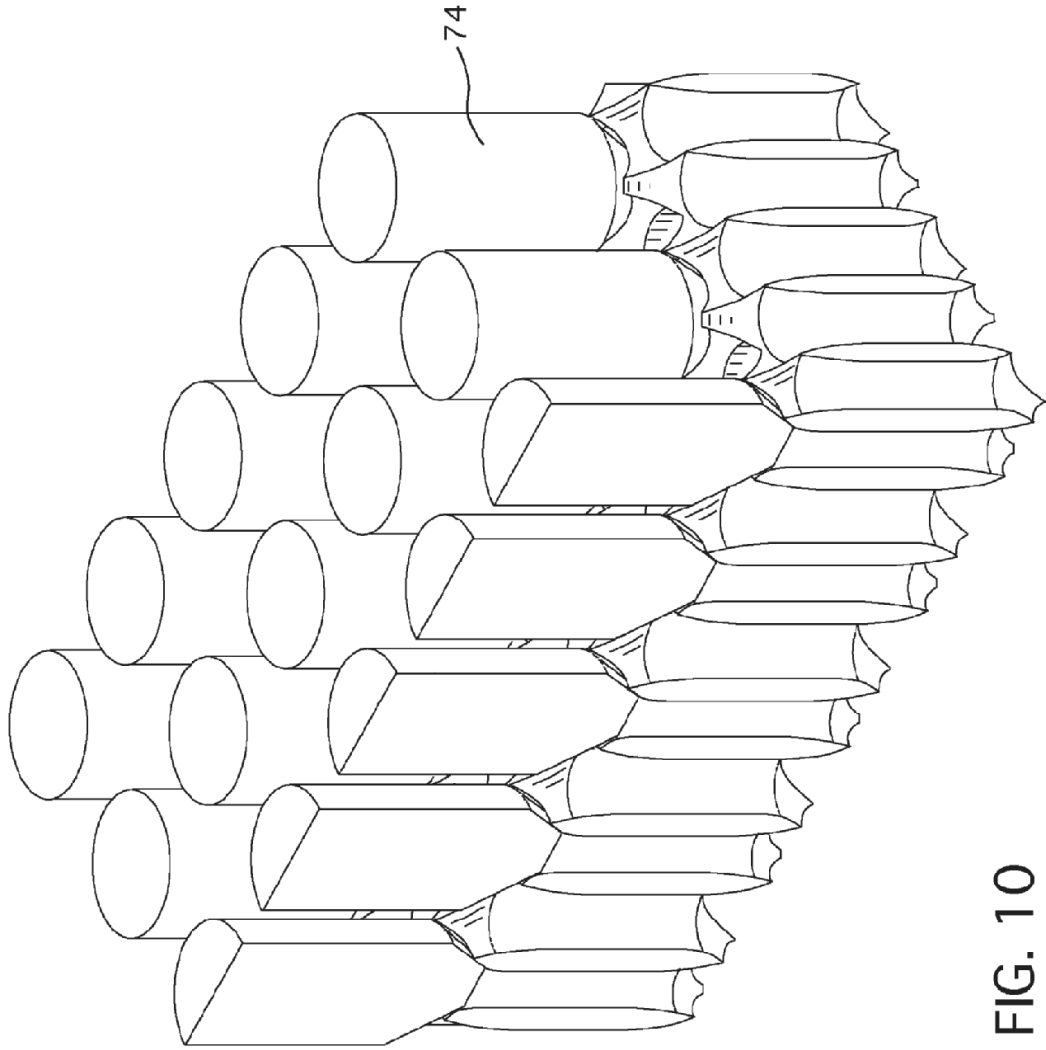


FIG. 10

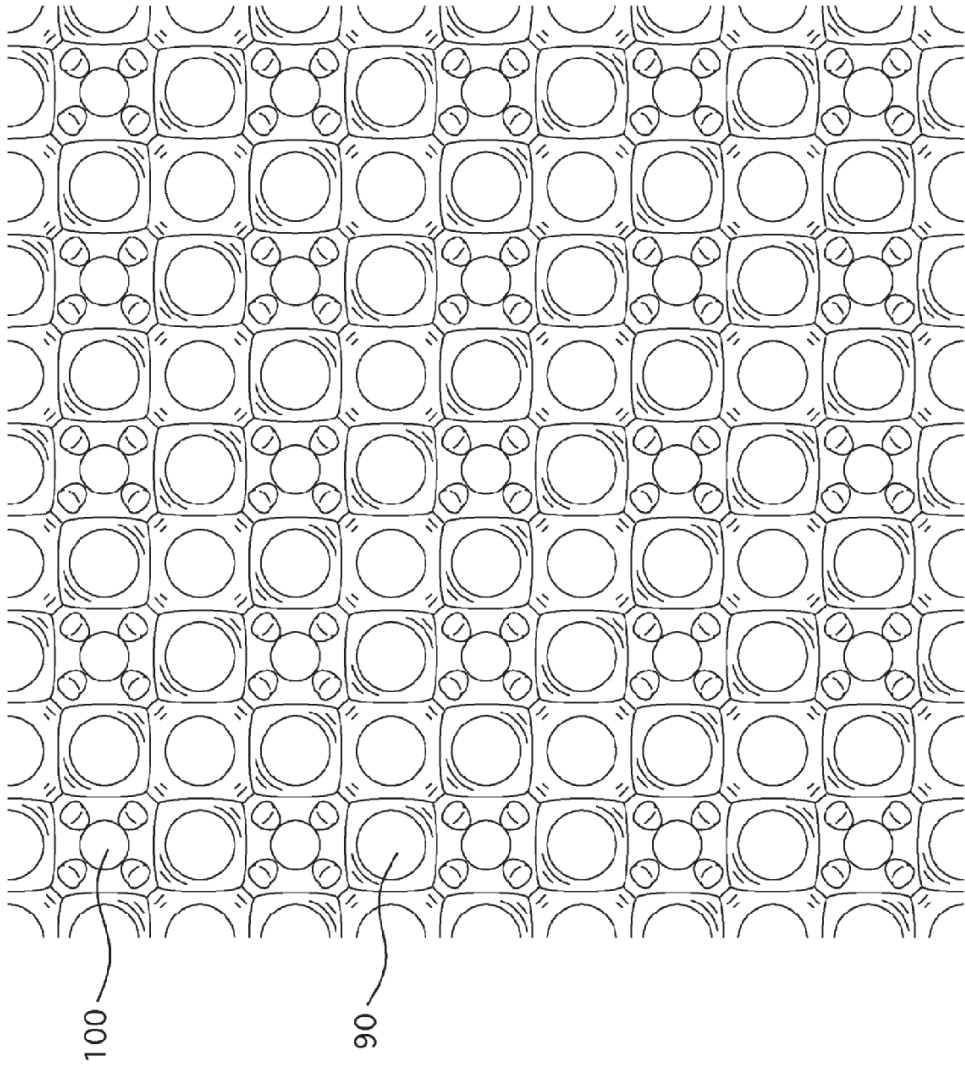


FIG. 11

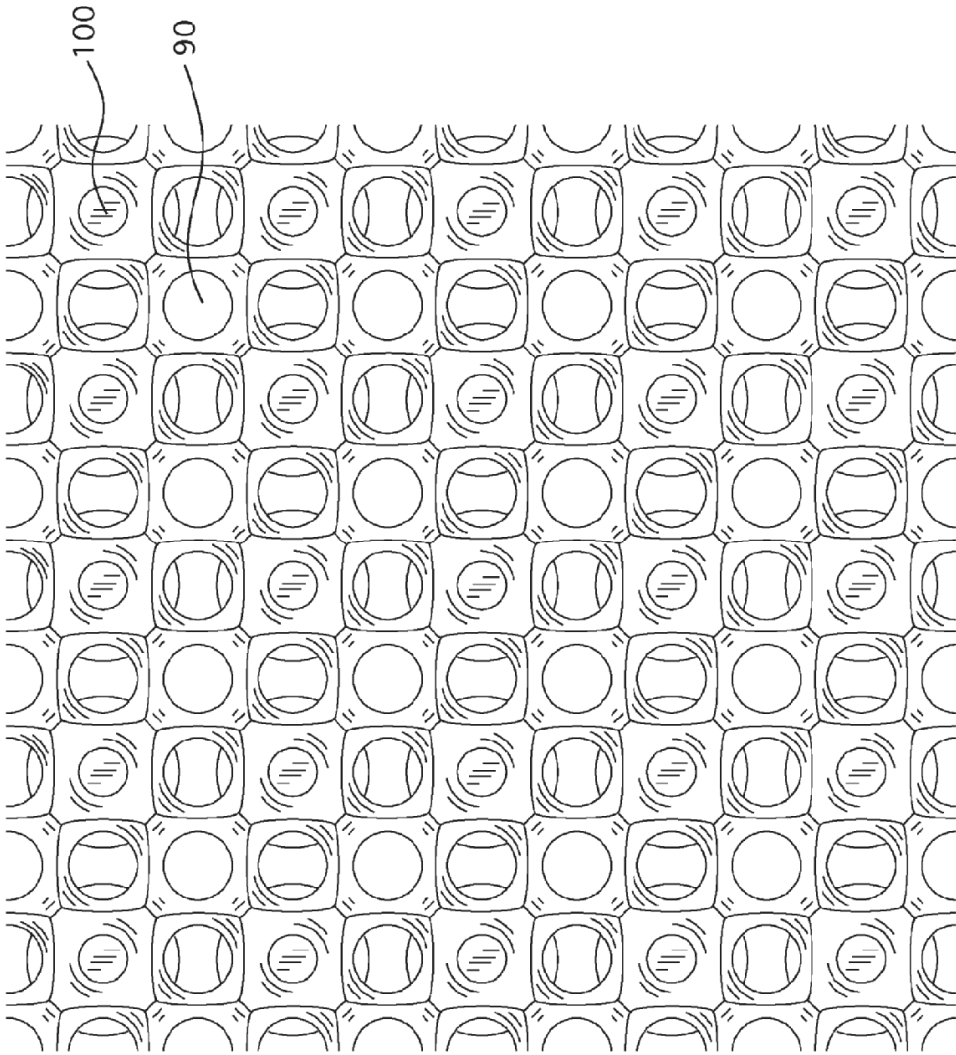


FIG. 12

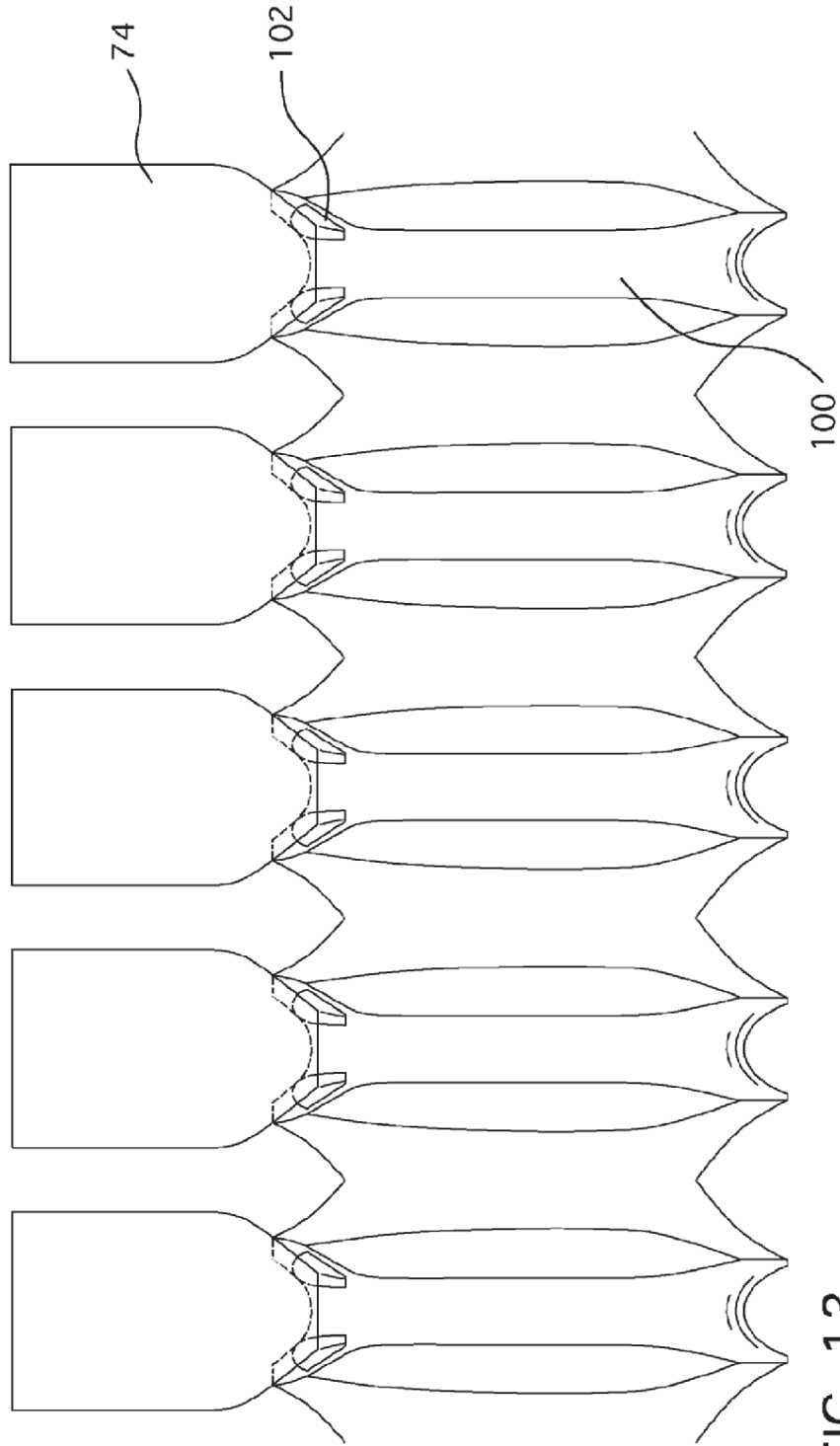


FIG. 13