

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 851 337**

51 Int. Cl.:

B29C 65/02 (2006.01)
B29C 65/00 (2006.01)
B64C 3/00 (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01)
B29C 65/16 (2006.01)
B29L 31/30 (2006.01)
B29L 31/08 (2006.01)
B29L 28/00 (2006.01)
B29C 65/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2016** **E 16155999 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2020** **EP 3064337**

54 Título: **Estructura de armazón termoplástica para uso en estructuras y métodos de fabricación de alas y palas de rotor**

30 Prioridad:

02.03.2015 US 201514635272

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.09.2021

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US

72 Inventor/es:

CAWTHORNE, MATTHEW HOWARD;
WUMMER, CHRISTOPHER ELIOT y
CRAIG, DANIELLE RAIKO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 851 337 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

Estructura de armazón termoplástica para uso en estructuras y métodos de fabricación de alas y palas de rotor

Antecedentes

Campo

- 5 Las realizaciones de la presente divulgación se refieren en general a una estructura de fibra/termoplástica ligera para transmitir el cizallamiento y mantener la forma de los carenados para las estructuras de las alas y las palas de rotor.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Para mantener la estabilidad, las estructuras blandas a la torsión, tales como las alas largas y delgadas y las palas de rotor, deberían tener un centro de gravedad en el cuarto delantero de la cuerda de la pala. Los carenados se forman normalmente a partir de revestimientos y una estructura de núcleo "sándwich". Los materiales compuestos que utilizan resinas termoplásticas que se pueden unir por fusión proporcionan la posibilidad de estructuras más resistentes y de fabricación más fácil. Se necesita contrapresión cuando se forman revestimientos termoplásticos para crear una superficie de alta calidad y para proporcionar una buena adherencia de las partes de los conjuntos.

- 15 Las soluciones existentes utilizan costillas, estructuras de panel, o espuma como material de núcleo para las estructuras de carenado. Las estructuras de panel se utilizan a menudo en las palas de rotor, sin embargo, el panel es difícil de unir por fusión a los revestimientos termoplásticos ya que no proporciona suficiente contrapresión sobre la porción abierta de las células de panel. Las estructuras de panel también plantean problemas cuando se utilizan herramientas solubles. En particular, las estructuras de panel no proporcionan una estructura suficientemente abierta para lavar el medio soluble para herramientas, incluso cuando se usa una estructura de panel respirable. También se pueden utilizar costillas para formar estructuras de carenado. Sin embargo, las costillas deben estar lo suficientemente separadas para no agregar demasiado peso adicional. La separación aumentada entre las costillas requiere componentes de refuerzo adicionales y revestimientos más gruesos, los cuales añaden un peso indeseable.

- 25 El documento US 5 342 679 A divulga estructuras de rejilla formadas integralmente hechas de material compuesto de grafito-epoxi en las cuales las fibras de grafito se extienden tridimensionalmente en al menos tres direcciones diferentes.

- 30 El documento US 2014/061974 A1 divulga un método y un aparato para la fabricación aditiva de objetos tridimensionales en los cuales dos o más materiales están extruidos simultáneamente como un material compuesto, con al menos un material en forma líquida y al menos un material en un filamento continuo sólido completamente encerrado dentro del material líquido. El documento US 2014/061974 A1 también divulga un medio para curar el material líquido después de que la extrusión endurezca el material compuesto y una parte construida usando una serie de trayectorias de material compuesto extruido.

- 35 El documento GB 836 431 A divulga una malla de alambre compuesta por tramos discretos de alambre en forma de zigzag con lengüetas en los vértices. En la fabricación, las lengüetas se doblan para sujetar el alambre adyacente. Las lengüetas se pueden formar en vértices alternos de cada tramo de alambre, o se pueden interponer tramos de alambre sin lengüetas entre tramos con lengüetas en cada vértice. Los alambres pueden estar revestidos o forrados en termoplástico los cuales pueden soldarse en las intersecciones después de la fabricación.

El documento US 3 419 456 A divulga una tela flexible moldeada que incluye filamentos entrelazados trabados por columnas pivotantes en puntos transversales superpuestos.

- 40 El documento US2013143060 divulga estructuras en 3D piramidales de puntales formadas curando un fotopolímero con luz colimada.

Resumen

- 45 La presente divulgación se refiere en general a estructuras de armazón termoplásticas y métodos para formar las mismas. Las estructuras de armazón se forman con materiales termoplásticos, tales como resinas termoplásticas reforzadas con fibra, y facilitan el soporte de carga direccional con base en la forma de la estructura de armazón. En un ejemplo, se disponen múltiples patrones bidimensionales de resina termoplástica reforzada con fibras entre sí en un patrón de dientes de sierra, un patrón sinusoidal, u otro patrón repetitivo, y se adhieren entre sí en ubicaciones selectivas. Los patrones bidimensionales pueden luego expandirse en una tercera dimensión para formar una estructura de armazón reticulada tridimensional. La estructura de armazón reticulada tridimensional se puede calentar o tratar de otro modo para mantener la forma tridimensional.

En una realización, una estructura de soporte comprende una estructura de armazón reticulada tridimensional que comprende una pluralidad de segmentos de alambre termoplástico unidos entre sí. La pluralidad de segmentos de alambre termoplástico comprende un primer segmento de alambre de material termoplástico, teniendo el primer segmento de alambre un primer patrón de dientes de sierra; un segundo segmento de alambre de material

termoplástico colocado sobre y adherido al primer segmento de alambre, teniendo el segundo segmento de alambre un segundo patrón de dientes de sierra desviado del primer patrón de dientes de sierra; un tercer segmento de alambre de material termoplástico colocado sobre el segundo segmento de alambre, teniendo el tercer segmento de alambre el primer patrón de dientes de sierra, el tercer segmento de alambre alineado con y adherido al primer segmento de alambre y desviado del segundo segmento de alambre. La estructura tridimensional de armazón reticulada se puede utilizar como estructura de soporte para alas, palas de rotor, tanques de combustible y otros componentes mecánicos.

En otra realización, un método para formar una estructura de soporte comprende colocar un primer segmento de alambre de material termoplástico, teniendo el primer segmento de alambre un primer patrón de dientes de sierra; colocar un segundo segmento de alambre de material termoplástico sobre el primer segmento de alambre, teniendo el segundo segmento de alambre un segundo patrón de dientes de sierra desviado del primer patrón de dientes de sierra; adherir el segundo segmento de alambre al primer segmento de alambre; colocar un tercer segmento de alambre de material termoplástico sobre el segundo segmento de alambre, teniendo el tercer segmento de alambre el primer patrón de dientes de sierra, el tercer segmento de alambre alineado con el primer segmento de alambre y desviado del segundo segmento de alambre; adherir el tercer segmento de alambre al primer segmento de alambre; y expandir el primer segmento de alambre, el segundo segmento de alambre, y el tercer segmento de alambre.

Breve descripción de los dibujos

De manera en la cual las características mencionadas anteriormente de la presente divulgación se puedan entender en detalle, se puede tener una descripción más particular de la divulgación, resumida de manera breve anteriormente, con referencia a las realizaciones, algunas de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. Debe observarse, sin embargo, que los dibujos adjuntos ilustran solo realizaciones de ejemplo y, por lo tanto, no deben considerarse limitantes de su alcance, y la divulgación puede admitir otras realizaciones igualmente eficaces.

La Figura 1 representa esquemáticamente una aeronave, de acuerdo con un aspecto de la divulgación.

La Figura 2 es una representación esquemática de una vista en sección de un ala de una aeronave, de acuerdo con un aspecto de la divulgación.

Las Figuras 3A-3C son representaciones esquemáticas de estructuras de armazón de densidades variadas, de acuerdo con los aspectos de la divulgación.

Las Figuras 4A-4L son representaciones esquemáticas que ilustran la formación de una estructura de armazón, de acuerdo con un aspecto de la divulgación.

Para facilitar la comprensión, se han utilizado números de referencia idénticos, cuando es posible, para designar elementos idénticos que son comunes a las figuras. Se contempla que los elementos y características de una realización pueden incorporarse de manera beneficiosa en otras realizaciones sin recitación adicional.

Descripción detallada

La presente divulgación se refiere en general a estructuras de armazón termoplásticas y métodos para formar las mismas. Las estructuras de armazón se forman utilizando materiales termoplásticos, tales como resinas termoplásticas reforzadas con fibra, y facilitan el soporte de carga direccional con base en la forma de la estructura de armazón. En un ejemplo, se disponen múltiples patrones bidimensionales de resina termoplástica reforzada con fibras entre sí en un patrón de dientes de sierra y se adhieren entre sí en ubicaciones selectivas. Los patrones bidimensionales pueden luego expandirse en una tercera dimensión para formar una estructura de armazón reticulada tridimensional. La estructura de armazón reticulada tridimensional se puede entonces calentar o tratar de otro modo para mantener la forma tridimensional. La estructura de armazón reticulada tridimensional se puede utilizar como una estructura de soporte para alas, palas de rotor, tanques de combustible, y otros componentes mecánicos.

La Figura 1 representa esquemáticamente una aeronave 100 de acuerdo con un aspecto de la divulgación. La aeronave 100 que se ilustra en la Figura 1 incluye un fuselaje 110 para contener pasajeros y/o carga. Dos alas 114, las cuales proporcionan la sustentación necesaria para volar la aeronave 100, están acopladas a lados opuestos del fuselaje 110. Un estabilizador 116 vertical y dos estabilizadores 118 horizontales están acoplados al fuselaje 110 en un extremo posterior del mismo. Uno o más motores 102 (se muestran dos), los cuales proporcionan el empuje necesario para impulsar la aeronave 100 hacia adelante, están acoplados a las alas 114.

También están presentes en las alas 114 de la aeronave 100 deflectores 128, flaps 126, y slats 130, los cuales pueden denominarse superficies de control de vuelo secundarias. Los deflectores 128 están ubicados en las alas 114 y realizan una diversidad de funciones, que incluyen la asistencia en el control de la trayectoria de vuelo vertical, actuando como frenos de aire para controlar la velocidad de avance de la aeronave 100, y actuando como deflectores terrestres para reducir la sustentación del ala para ayudar a mantener el contacto entre el tren de aterrizaje y la pista al frenar. Los flaps 126 y los slats 130 están ubicados en las alas de la aeronave 100 para cambiar las fuerzas de sustentación y resistencia que afectan a la aeronave 100, con los flaps 126 colocados en el

borde de salida del ala 114 y los slats 130 colocados en el borde de ataque del ala 114. Cuando se extienden los flaps 126 y los slats 130, la forma del ala 114 cambia para proporcionar más sustentación. Con una sustentación aumentada, la aeronave 100 puede volar a velocidades más bajas, simplificando así tanto el procedimiento de aterrizaje como el procedimiento de despegue.

La aeronave 100 también incluye controles de vuelo primarios para facilitar los cambios de dirección de la aeronave 100 durante el vuelo. Las superficies de control de vuelo primarias en la aeronave 100 incluyen alerones 124, elevadores 120, y un timón 122. Los alerones 124 están ubicados en los bordes de salida de las alas 114 de la aeronave 100 y controlan el balanceo de la aeronave 100. Los elevadores 120 están ubicados en el estabilizador 118 horizontal de la aeronave 100 y controlan el cabeceo de la aeronave 100. El timón 122 está ubicado en el estabilizador 116 vertical y controla la orientación de la aeronave 100. En algunas aeronaves, puede haber cables o alambres (no se muestran) conectando controles piloto a accionadores usados para mover las superficies de control primarias.

La Figura 2 ilustra una vista en sección de un ala 114 de la aeronave 100 a lo largo de la línea 2-2 de sección, de acuerdo con un aspecto de la divulgación. El ala 114 incluye un revestimiento 215 exterior que define su superficie hacia afuera. Una estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional está colocada dentro del revestimiento 215 para proporcionar soporte al revestimiento 215 y para mantener el revestimiento 215 en una forma predeterminada. La estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional es una estructura de celosía tridimensional formada por una pluralidad de segmentos de alambre de material termoplástico reticulados o que se cruzan. Los segmentos de alambre de material termoplástico se unen en las respectivas intersecciones para formar una pieza unitaria de material, facilitando así una mayor resistencia estructural de la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional.

La estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional define una estructura de celosía abierta que tiene una pluralidad de aberturas 221 (dos están etiquetadas). La pluralidad de aberturas 221 facilita el uso de herramientas solubles junto con la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional. En un ejemplo, se puede usar un material o medio soluble (no se muestra) para soportar los segmentos de material termoplástico. a la vez que se construye la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional de tal manera que la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional tenga una forma o configuración deseadas. En dicho ejemplo, la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional puede colocarse en una orientación deseada, y puede aplicarse un material soluble a la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional para mantener la configuración de la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional. La estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional se puede curar entonces para mantener la orientación deseada, y luego se puede eliminar el material soluble.

Alternativamente, se puede usar un material soluble para soportar los revestimientos 215 con respecto a la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional, de tal modo que los revestimientos 215 se pueden aplicar a la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional y pueda producirse una adhesión adecuada entre ellos. En un ejemplo, la adhesión puede ocurrir mediante unión por fusión. El proceso de unión por fusión implica calentar y fundir el material termoplástico en las ubicaciones de unión de los componentes y luego presionar estas superficies para solidificar y consolidar. Posteriormente a la adhesión, el material soluble puede disolverse selectivamente con respecto al material termoplástico en un solvente y eliminarse, dejando solo la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional y los revestimientos 215. A diferencia de las estructuras de panel utilizadas anteriormente, las aberturas 221 de la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional son suficientemente grandes para permitir que el disolvente se disuelva y elimine el material soluble usado en la herramienta soluble. En un ejemplo, la porosidad de la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional puede ser de aproximadamente el 50 por ciento o más para facilitar la eliminación del material soluble.

Además, en contraste adicional con las estructuras de panel, la densidad de la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional (por ejemplo, el número de intersecciones de segmentos de alambre por unidad de longitud) se puede variar para reducir el peso de la estructura tridimensional, estructura 219 de armazón de alambre reticulado en áreas relativas del ala 114. Por ejemplo, las tres cuartas partes 223a posteriores del ala 114 tienen una densidad de estructura de armazón menor que la cuarta parte 223b de ataque del ala 114, lo que facilita un equilibrio de peso deseado del ala 114. En un ejemplo, la cuarta parte de ataque del ala 114 puede tener un peso aproximadamente igual a las tres cuartas partes posteriores del ala. Es deseable cambiar el peso hacia el borde de ataque de la cuerda para reducir la probabilidad de aleteo. Por el contrario, las estructuras de panel en general tienen densidades uniformes y, por lo tanto, la única forma de reducir el peso en el borde de salida de un ala cuando se utilizan las estructuras de panel es eliminar por completo porciones de material. Sin embargo, dicha remoción puede sacrificar indeseablemente la rigidez estructural y el soporte, debido a que el material puede ser removido de áreas clave de soporte dentro del ala 114. Por el contrario, la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional puede utilizar una densidad variada a lo largo de la longitud del ala 114, de tal manera que el peso se reduzca mediante el uso de una estructura de soporte menos densa, pero el soporte estructural permanezca en ubicaciones clave debido a que la estructura 219 de armazón de alambre reticulado tridimensional no se elimina por completo para reducir el peso.

Las Figuras 3A-3C ilustran estructuras 319a-319c de armazón de alambre reticulado tridimensionales de densidades variadas, de acuerdo con los aspectos de la divulgación. La Figura 3A ilustra una estructura 319a de armazón de alambre reticulado tridimensional que tiene una primera densidad de segmentos 331a termoplásticos. El ángulo 332 relativo de intersección entre los segmentos 331a, así como el ángulo 333 relativo de cambio de dirección de cada segmento 331a pueden ajustarse para facilitar un nivel deseado de densidad de la estructura 319a de armazón de alambre reticulado tridimensional.

La Figura 3B ilustra una estructura 319b de armazón de alambre reticulado tridimensional que tiene una segunda densidad de segmentos 331b termoplásticos. En particular, los segmentos 331b tienen densidades variables o graduadas a lo largo de su longitud. Los segmentos 331b tienen una densidad menor en una región 334 y una densidad mayor en una región 335. La densidad se ajusta variando los ángulos 332, 333 a lo largo de la estructura 319b de armazón. Por lo tanto, como se ilustra, la densidad de la estructura 319b de armazón de alambre reticulado tridimensional se puede variar a lo largo una longitud de la misma (por ejemplo, a lo largo de la línea de cuerda) para producir el peso deseado y el perfil de soporte de la estructura 319b de armazón de alambre reticulado tridimensional.

La Figura 3C ilustra una estructura 319c de armazón de alambre reticulado tridimensional que tiene estructuras 335a, 335b de armazón superpuestas o entrelazadas. Por tanto, la estructura 319c de armazón de alambre reticulado tridimensional se forma a partir de dos estructuras 335a, 335b de armazón separadas que pueden formarse juntas simultáneamente, o pueden formarse posteriormente una con relación a la otra. Por ejemplo, se puede formar una estructura 335a de armazón y colocarla en una configuración deseada, y luego, posteriormente, se puede formar una estructura 335b de armazón alrededor de la estructura 335a de armazón. Como se ilustra, la estructura 335a de armazón se extiende todo o la mayor parte de la longitud de la cuerda, tal como una cuerda de ala, a la vez que la segunda estructura 335b de armazón se extiende una distancia parcial de la cuerda, por ejemplo, alrededor del 30 por ciento a alrededor del 50 por ciento de la longitud de la cuerda. Se contempla, sin embargo, que la segunda estructura 335b de armazón puede extenderse por ejemplo, una longitud mayor o menor de la cuerda que se ilustra, tal como alrededor del 10 por ciento a alrededor del 90 por ciento de la cuerda, y por ejemplo, específicamente, alrededor del 30 por ciento a alrededor del 70 por ciento de la longitud de la cuerda.

La utilización de dos estructuras 335a, 335b de armazón separadas facilita un enfoque más personalizado para ajustar el peso relativo y el soporte estructural de la estructura 319c de armazón de alambre reticulado tridimensional. En particular, se puede utilizar una segunda estructura de armazón, tal como la estructura 335b de armazón, para cambiar el peso al cuarto delantero de la cuerda de un ala, o para proporcionar un mayor soporte estructural en áreas del ala que soportan un mayor porcentaje de una carga. En contraste, las estructuras de panal no son capaces de dichas geometrías entrelazadas y, por lo tanto, tienen una forma y configuraciones más limitadas.

Las Figuras 4A-4L ilustran la formación de una estructura de armazón de alambre reticulado tridimensional, de acuerdo con un aspecto de la divulgación. La Figura 4A ilustra el posicionamiento de un primer segmento 431a de material termoplástico. El primer segmento 431a de alambre está colocado sobre una estructura de soporte (no se muestra) en un patrón de dientes de sierra o en zigzag, como se muestra. La altura relativa de cada zigzag, así como los vértices de cada zigzag por unidad de longitud, se pueden seleccionar con base en las necesidades estructurales deseadas y las características de peso requeridas por la estructura de soporte terminada.

El primer segmento 431a de alambre se puede dispensar a partir de un rollo de material termoplástico usando un dispositivo de colocación automatizado para colocar el primer segmento 431 de alambre en una configuración de zigzag deseada. En un ejemplo, el primer segmento 431a de alambre se coloca mediante un dispositivo de colocación automatizado que se mueve en una primera dirección (tal como la dirección y positiva), como se indica por la flecha 480, a la vez que se desplaza hacia adelante y hacia atrás en la dirección z para formar un patrón en zigzag.

Posteriormente, como se muestra en la Figura 4B, un segundo segmento 431b de alambre de material termoplástico está dispuesto en un patrón de dientes de sierra sobre el primer segmento 431a de alambre. El patrón de dientes de sierra del segundo segmento 431b de alambre está desplazado del patrón de dientes de sierra del primer segmento 431a de alambre para formar un patrón entrecruzado parcial o totalmente a lo largo de la longitud del primer segmento 431a y el segundo segmento 431b de alambre. En un ejemplo, un dispositivo de colocación automática deposita el segundo segmento 431b de alambre cuando se desplaza en una segunda dirección opuesta a la primera dirección (por ejemplo, a lo largo de una trayectoria de retorno), como se muestra por la flecha 481. El segundo segmento 431b de alambre puede tener una longitud aproximadamente igual al primer segmento 431a de alambre.

Cuando se coloca el segundo segmento 431b de alambre, el número de intersecciones por unidad de longitud entre el segundo segmento 431b de alambre y el primer segmento 431a de alambre se puede ajustar cambiando los ángulos 332 y 333 (que se muestran en la Figura 3B). En general, más puntos de intersección en una longitud de material dada proporcionan más resistencia al pandeo local. En cualquier sección transversal dada, la mitad de la "X" formada por la intersección del primer segmento 431a de alambre y el segundo segmento 431b de alambre está en tensión, a la vez que la otra mitad está en compresión, debido a las fuerzas que actúan sobre el primer segmento 431a de alambre y el segundo segmento 431b de alambre a la vez que soporta una carga. La unión entre la porción

en tensión y la porción en compresión reduce el pandeo de la porción en compresión. Se puede utilizar una mayor densidad de intersecciones por unidad de longitud para reducir aún más el pandeo local; sin embargo, esto puede incrementar la densidad, y por lo tanto el peso, de la estructura de soporte de armazón resultante.

5 Después de la colocación del segundo segmento 431b de alambre, el segundo segmento 431b de alambre y el primer segmento 431a de alambre pueden unirse en las intersecciones 432 calentando las intersecciones 432 a una temperatura suficiente para provocar la adhesión entre ellas. En un ejemplo, se puede usar un láser para calentar las regiones deseadas (por ejemplo, las intersecciones del segundo segmento 431b de alambre y el primer segmento 431a de alambre) en lugar de los segmentos completos en sí mismos, con el fin de facilitar la unión en las ubicaciones deseadas.

10 Cuando se usa una resina termoplástica, tal como polietercetonacetona (PEKK) o polieterétercetona (PEEK) (aunque son posibles y contempladas otras resinas termoplásticas), las áreas deseadas del material termoplástico se pueden calentar a una temperatura dentro de un rango de aproximadamente 550 grados Fahrenheit (287.8°C) a aproximadamente 750 grados Fahrenheit (399°C), tal como aproximadamente 600 grados Fahrenheit (315.5°C) a aproximadamente 700 grados Fahrenheit (371°C) para facilitar la unión del primer segmento 431a de alambre y el
15 segundo segmento 431b de alambre. Se contempla que se pueda aplicar presión al primer segmento 431a de alambre y al segundo segmento 431b para facilitar la adhesión (por ejemplo, unión por fusión).

Después del calentamiento, se puede dejar enfriar el primer segmento 431a de alambre y el segundo segmento 431b de alambre para facilitar el establecimiento de la unión. A diferencia de los materiales epoxi, tales como los que se utilizan en las estructuras de panel, la formación de uniones con materiales termoplásticos es mucho más rápida.
20 Por ejemplo, las uniones entre termoplásticos se pueden formar y asentarse en segundos o minutos, a la vez que las uniones que utilizan epoxis requieren horas para asentarse. Por tanto, la utilización de materiales termoplásticos, como se describe en el presente documento, puede facilitar tiempos de construcción reducidos en comparación con las estructuras de soporte que utilizan epoxis. Además, los materiales termoplásticos pueden ser mucho más estables al calor que los epoxis y/o los fenólicos. Por ejemplo, ciertos materiales termoplásticos pueden ser
25 termoestables hasta temperaturas de aproximadamente 600 grados Fahrenheit (315.5°C), a la vez que ciertos epoxis pueden ser termoestables hasta aproximadamente 200 grados Fahrenheit (93°C).

Después de unir el segundo segmento 431b de alambre y el primer segmento 431a de alambre, se dispone un tercer segmento 431c de alambre y se alinea con el primer segmento 431a de alambre, como se muestra en la Figura 4C. El tercer segmento 431c de alambre puede ser colocado por un dispositivo de colocación automatizado que se
30 desplaza en la primera dirección, como se indica por la flecha 480. Una vez que el tercer segmento 431c de alambre está colocado, el tercer segmento 431c de alambre puede unirse al primer segmento 431a de alambre, por ejemplo, calentando porciones del primer segmento 431a de alambre y/o el tercer segmento 431c de alambre para provocar la adhesión entre ellos. Como se muestra en la Figura 4C, los vértices hacia arriba de las estructuras de dientes de sierra del primer segmento 431a de alambre y el tercer segmento 431c de alambre se unen, como se indica en los
35 puntos 433.

Después de la deposición y adhesión del tercer segmento 431c de alambre, se coloca un cuarto segmento 431d de alambre y se alinea con el segundo segmento 431b de alambre, como se muestra en la Figura 4D. El cuarto segmento 431d de alambre puede ser depositado por un dispositivo de colocación automatizado que se desplaza en la segunda dirección, como se indica por la flecha 481, y puede tener aproximadamente la misma longitud que el
40 segundo segmento 431b de alambre. El cuarto segmento 431d de alambre se une al tercer segmento 431c de alambre en los puntos 434. El cuarto segmento 431d de alambre también se puede unir al segundo segmento 431b de alambre en los vértices inferiores superpuestos de las formas de dientes de sierra formadas por el segundo segmento 431b de alambre y el cuarto segmento de alambre 431d, como se indica en los puntos 435.

Como se ilustra en la Figura 4E, un quinto segmento 431e de alambre está dispuesto y alineado con el primer segmento 431a de alambre y el tercer segmento 431c de alambre. El quinto segmento 431e de alambre puede depositarse mediante un dispositivo de colocación automático que se desplaza en la primera dirección, como se indica por la flecha 480. Después de la colocación del quinto segmento 431e de alambre, el quinto segmento 431e de alambre puede adherirse al tercer segmento 431c de alambre en los vértices inferiores superpuestos del tercer
45 segmento 431c de alambre y el quinto segmento 431e de alambre, como se muestra en los puntos 436. El quinto segmento 431e de alambre se puede adherir al tercer segmento 431c de alambre usando una fuente de calor tal como un láser, similar al que se describió anteriormente.
50

Después de la colocación del quinto segmento 431e de alambre, se coloca un sexto segmento 431f de alambre y se alinea con el segundo segmento 431b de alambre y el cuarto segmento 431d de alambre en un patrón de dientes de sierra, como se ilustra en la Figura 5F. El sexto segmento 431f de alambre puede ser depositado por un dispositivo de colocación automatizado que se mueve en la segunda dirección, como se indica por la flecha 481. El sexto
55 segmento 431f de alambre puede tener una longitud aproximadamente igual a la longitud del segundo segmento 431b de alambre y el cuarto segmento 431d de alambre. El sexto segmento 431f de alambre se adhiere al cuarto segmento 431d de alambre en los vértices superiores y sus intersecciones utilizando una fuente de calor, tal como un láser descrito anteriormente. Las áreas de adhesión se indican en los puntos 437, 438. Los puntos 437 son las
60 intersecciones del quinto segmento 431e de alambre y el sexto segmento 431f de alambre. Los puntos 438 de

adhesión son los vértices superiores del sexto segmento 431f de alambre y el cuarto segmento 431d de alambre subyacente.

Se pueden disponer segmentos adicionales sobre la estructura para generar una estructura de armazón de las dimensiones deseadas. Por ejemplo, se pueden repetir deposiciones y adherencias adicionales, tales como las que se muestran en las Figuras 4C-4F, de acuerdo como se desee. Además, debe observarse que los puntos de adhesión particulares descritos en el presente documento son solo ejemplos, y se contemplan otras áreas de adhesión entre segmentos.

La Figura 4G ilustra una vista rotada de los segmentos 431a-431f en configuración apilada. Se ilustran huecos o espacios entre los segmentos 431a-431f de alambre para mayor claridad. En la Figura 4H y la Figura 4I, los segmentos 431a-431f se muestran en configuraciones parcialmente expandidas, respectivamente. La Figura 4H ilustra una vista superior de la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional, y la Figura 4I ilustra una vista en perspectiva correspondiente de la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional. Con referencia a las Figuras 4G y 4H, los segmentos 431a-431f de alambre se expanden en la dirección x para formar una estructura tridimensional, por ejemplo, una estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional. Se contempla que el nivel de expansión puede ajustarse para producir una densidad deseada o configuración de la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional.

Las Figuras 4J y 4K ilustran la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional en una configuración aún más expandida. La Figura 4J ilustra una vista superior de la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional, y la Figura 4K ilustra una vista en perspectiva correspondiente de la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional. Con la estructura 419 de armazón expandida en una configuración deseada, la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional puede someterse a un procesamiento térmico, tal como una operación de recocido, para mantener la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional en una configuración deseada. La configuración tridimensional expandida resultante en un estado endurecido se ilustra en la Figura 4L. La estructura de la Figura 4L se puede conformar, por ejemplo, en un ala, una pala de rotor, u otro componente, recortando la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional a una forma y/o tamaño deseados.

Los segmentos 431a-431f de alambre se pueden expandir a una distancia deseada de tal modo que las estructuras de dientes de sierra de cada segmento 431a-431f de alambre estén orientadas en las direcciones deseadas, facilitando así la transferencia de carga direccional cuando se aplica una carga. La transferencia de carga direccional permite aplicar una mayor carga estructural a la vez que se usa una cantidad relativamente reducida de material de soporte, lo que reduce el peso de la estructura 419 de armadura de alambre reticulado tridimensional. Por el contrario, las estructuras de soporte de panel (las cuales se forman a partir de tiras de papel en combinación con epoxis o tiras de pegamento) no están adaptadas para soportar cargas en direcciones particulares, lo cual puede requerir que se use más material de panel para soportar una carga determinada en comparación con la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional.

La estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional también facilita el uso de revestimientos termoplásticos (tal como el revestimiento 215 que se muestra en la Figura 2), los cuales pueden ser más ligeros que los revestimientos comparables formados a partir de otros materiales, tal como el aluminio. A la vez que los revestimientos termoplásticos son deseables, tienen problemas de unión con los materiales de estructura de soporte utilizados anteriormente, tales como las estructuras de soporte de panel, debido a la incompatibilidad de unión entre materiales. Sin embargo, debido a la similitud de los materiales, las armaduras de soporte termoplásticas se pueden unir fácilmente a los revestimientos termoplásticos. Los revestimientos termoplásticos pueden incluir, por ejemplo, revestimientos de alas o revestimientos de palas de rotor formados a partir de PEEK y/o PEKK.

En un ejemplo, el uso de revestimientos termoplásticos puede permitir que se omita un proceso térmico, usado para mantener la rigidez o la configuración de la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional. En dicho ejemplo, los segmentos 431a-431f de alambre se pueden expandir a la configuración deseada, y luego se puede aplicar un material soluble usado en herramientas solubles a la estructura expandida, y dejar que se asiente, para mantener los segmentos 431a-431f de alambre en la configuración expandida. Los ejemplos de material soluble incluyen cerámicas solubles disponibles de *Advanced Ceramics Manufacturing* de Tucson, Arizona. Se contempla que también se puedan usar materiales metálicos que tengan puntos de fusión por debajo del material termoplástico.

A continuación, se pueden aplicar revestimientos termoplásticos sobre la forma, y calentarlos para formar uniones entre el revestimiento termoplástico y la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional. El material soluble se puede eliminar, dejando la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional en una configuración deseada debido a las uniones adhesivas entre la estructura 419 de armazón de alambre reticulado tridimensional y el revestimiento termoplástico. Debido a que no se utilizan adhesivos extraños, el peso de la estructura final se reduce aún más en comparación con las estructuras anteriores.

A la vez que las realizaciones del presente documento se refieren al uso de materiales termoplásticos, tales como PEEK y PEKK, se contempla que también se pueden usar materiales termoplásticos impregnados con fibras. En un

ejemplo, se pueden utilizar materiales termoplásticos impregnados con fibra de carbono o materiales termoplásticos impregnados con fibra de vidrio; sin embargo, también se contempla el uso de otras fibras. La utilización de fibras de impregnación aumenta la resistencia de la resina termoplástica, lo que permite que se use menos resina termoplástica para soportar la misma carga y, por lo tanto, facilita la producción de una estructura de soporte de armadura de menor peso.

En una realización, un segmento de plástico, tal como los segmentos 431a-431f de alambre, puede tener un diámetro de aproximadamente 0.0020 pulgadas (0.0508 mm) a aproximadamente 0.0030 pulgadas (0.0762 mm) cuando no está impregnado, y puede tener un diámetro menor de aproximadamente 0.0020 pulgadas (0.0508 mm), tal como 0.0010 pulgadas (0.0254 mm) a aproximadamente 0.0020 pulgadas (0.0508 mm), cuando se impregna con fibra. En otro ejemplo, los segmentos 431a-431f de alambre pueden tener un diámetro dentro de un rango de aproximadamente 0.001 pulgadas (0.0254 mm) a aproximadamente 0.25 pulgadas (6.35 mm). Se contempla que los segmentos 431a-431f de alambre puedan tener secciones transversales redondas u otras secciones transversales. Además, los segmentos 431a-431f de alambre pueden ahuecar el alambre, lo cual puede mejorar la resistencia al pandeo.

A la vez que se describen realizaciones en el presente documento con respecto a alas de aeronave y palas de rotor, se observa que las estructuras de armazón descritas en el presente documento pueden usarse ventajosamente como estructuras de soporte para otros componentes, que incluyen los que están fuera de los componentes de la aeronave. Además, las estructuras de armazón descritas en el presente documento pueden usarse en recipientes que contienen fluidos, tales como tanques de combustible, debido a la naturaleza abierta de las estructuras de armazón lo cual permite que los fluidos fluyan a través de estos. Además, a la vez que las realizaciones en el presente documento se describen con respecto a los patrones de dientes de sierra, se contempla que también se puedan usar otros patrones oscilantes o repetidos, tales como patrones sinusoidales. Además, las realizaciones del presente documento utilizan dispositivos de colocación automatizados para colocar alambres termoplásticos, sin embargo, se contempla que los alambres termoplásticos también se puedan colocar manualmente.

Los beneficios de la divulgación incluyen estructuras de soporte abiertas que tienen un peso reducido y capacidades de carga direccional. Las estructuras de soporte se pueden unir fácilmente a revestimientos termoplásticos, o también se pueden unir fácilmente entre sí para generar estructuras de soporte más grandes, debido a la compatibilidad del material.

Además, de acuerdo con un primer aspecto de la divulgación, se proporciona:

Una estructura de soporte, que comprende:

una estructura de armazón de alambre reticulado tridimensional que comprende una pluralidad de segmentos de alambre termoplástico unidos entre sí.

Opcionalmente, las uniones son uniones de fusión.

Opcionalmente, los segmentos de alambre termoplástico incluyen cada uno fibras impregnadas en ellos.

Opcionalmente, las fibras son fibras de carbono.

Opcionalmente, los segmentos de alambre termoplástico tienen un diámetro dentro de un rango de aproximadamente 0.0010 pulgadas (0.0254 mm) a aproximadamente 0.0020 pulgadas (0.0508 mm).

Opcionalmente, los segmentos de alambre termoplástico comprenden poliétercetona.

Opcionalmente, los segmentos de alambre termoplástico comprenden polieteretercetona.

Opcionalmente, los segmentos de alambre termoplástico se forman a partir de alambre hueco.

Opcionalmente, la estructura de soporte comprende además un revestimiento dispuesto y unido a la estructura de armazón de alambre reticulado tridimensional.

Opcionalmente, el revestimiento se une a la estructura de armazón de alambre reticulado tridimensional mediante una unión por fusión.

Opcionalmente, los segmentos de alambre termoplástico tienen un diámetro dentro de un rango de 0.0010 pulgadas (0.0254 mm) a aproximadamente 0.0020 pulgadas (0.0508 mm).

Opcionalmente, la densidad de la pluralidad de segmentos de alambre varía a lo largo de la estructura de soporte.

De acuerdo con un aspecto adicional de la divulgación, se proporciona:

Un método para formar una estructura de soporte, que comprende:

colocar un primer segmento de alambre de material termoplástico, teniendo el primer segmento de alambre un primer patrón de dientes de sierra;

5 colocar un segundo segmento de alambre de material termoplástico sobre el primer segmento de alambre, teniendo el segundo segmento de alambre un segundo patrón de dientes de sierra desviado del primer patrón de dientes de sierra;

adherir el segundo segmento de alambre al primer segmento de alambre;

colocar un tercer segmento de alambre de material termoplástico sobre el segundo segmento de alambre, teniendo el tercer segmento de alambre el primer patrón de dientes de sierra, el tercer segmento de alambre alineado con el primer segmento de alambre y desviado del segundo segmento de alambre; y

10 adherir el tercer segmento de alambre al primer segmento de alambre.

Opcionalmente, el método comprende además expandir el primer segmento de alambre, el segundo segmento de alambre y el tercer segmento de alambre.

15 Opcionalmente, el método comprende además disponer un cuarto segmento de alambre sobre el tercer segmento de alambre, teniendo el cuarto segmento de alambre el segundo patrón de dientes de sierra, el cuarto segmento de alambre alineado con el segundo segmento de alambre.

Opcionalmente, el método comprende además adherir el cuarto segmento de alambre al segundo segmento de alambre y al tercer segmento de alambre.

20 Opcionalmente, el método comprende además disponer el quinto segmento de alambre sobre el cuarto segmento de alambre, teniendo el quinto segmento de alambre el primer patrón de dientes de sierra y alineado con el primer segmento de alambre y el tercer segmento de alambre.

Opcionalmente, el método comprende además adherir el quinto segmento de alambre al tercer segmento de alambre.

Opcionalmente, adherir el segundo segmento de alambre al primer segmento de alambre comprende unir por fusión el segundo segmento de alambre al primer segmento de alambre.

25 Opcionalmente, el método comprende además tratar con calor el primer segmento de alambre, el segundo segmento de alambre y el tercer segmento de alambre después de expandir el primer segmento de alambre, el segundo segmento de alambre, y el tercer segmento de alambre.

Opcionalmente, el método comprende además adherir un revestimiento termoplástico al primer segmento de alambre, el segundo segmento de alambre, y el tercer segmento de alambre.

30 Opcionalmente, el método comprende además mantener el primer segmento de alambre, el segundo segmento de alambre, y el tercer segmento de alambre en una configuración expandida usando un medio de herramienta soluble.

A la vez que lo anterior está dirigido a realizaciones de la presente divulgación, se pueden idear otras y realizaciones adicionales de la divulgación sin apartarse del alcance básico de la misma, y el alcance de la misma está determinado por las reivindicaciones que siguen.

35

REIVINDICACIONES

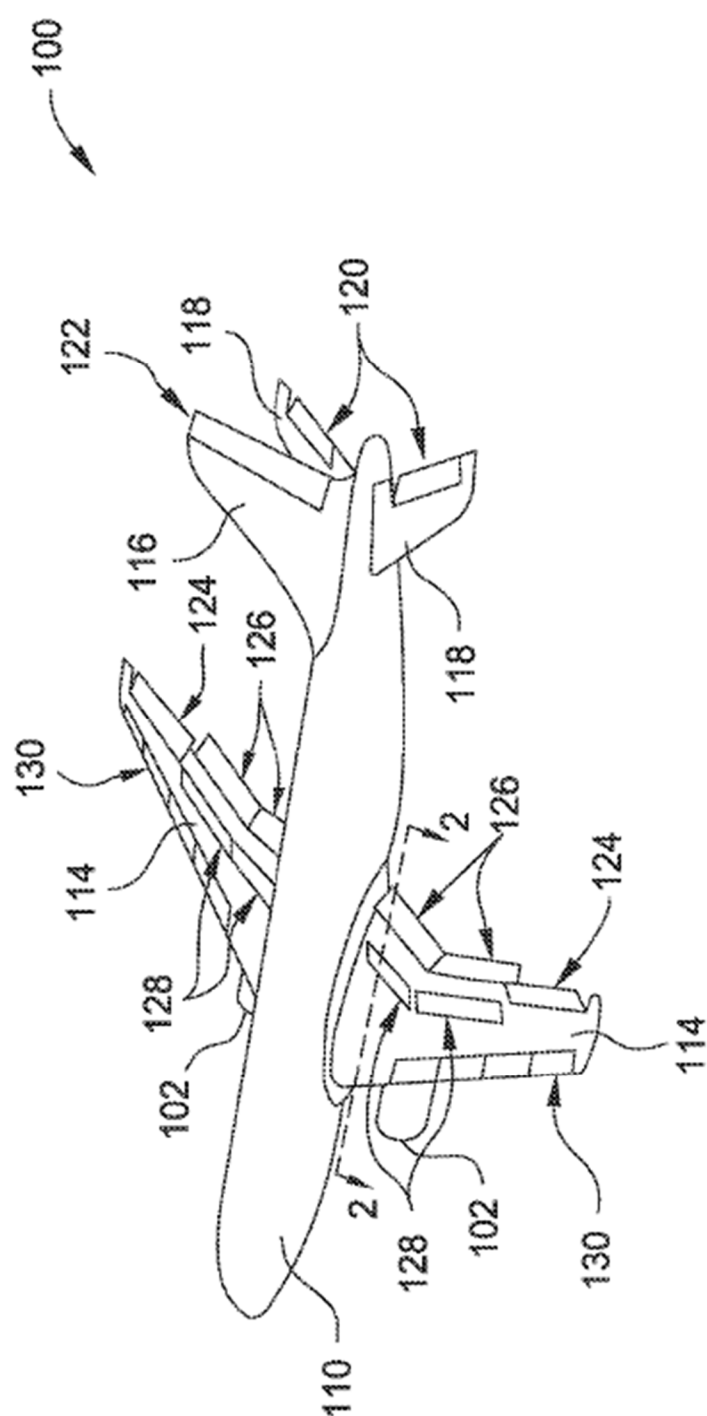
1. Una estructura de soporte, que comprende:
una estructura (219) de armazón de alambre reticulado tridimensional que comprende una pluralidad de segmentos (431a, 431b, 431c) de alambre termoplástico unidos entre sí, en donde la pluralidad de segmentos (431a, 431b, 431c) de alambre termoplástico comprende:
un primer segmento (431a) de alambre de material termoplástico, teniendo el primer segmento de alambre un primer patrón de dientes de sierra;
un segundo segmento (431b) de alambre de material termoplástico colocado sobre y adherido al primer segmento (431a) de alambre, teniendo el segundo segmento (431b) de alambre un segundo patrón de dientes de sierra desplazado del primer patrón de dientes de sierra;
un tercer segmento (431c) de alambre de material termoplástico colocado sobre el segundo segmento (431b) de alambre, teniendo el tercer segmento (431c) de alambre el primer patrón de dientes de sierra, el tercer segmento (431c) de alambre alineado y adherido al primer segmento (431a) de alambre y desplazado del segundo segmento (431b) de alambre.
2. La estructura de soporte de la reivindicación 1, en donde las uniones son uniones de fusión.
3. La estructura de soporte de las reivindicaciones 1 o 2, en donde los segmentos (431a, 431b) de alambre termoplástico incluyen cada uno fibras impregnadas en ellos.
4. La estructura de soporte de las reivindicaciones 1, 2 o 3, en donde los segmentos (431a, 431b) de alambre termoplástico están formados a partir de alambre hueco.
5. La estructura de soporte de las reivindicaciones 1, 2, 3 o 4, que comprende además un revestimiento (215) dispuesto y unido a la estructura (219) de armadura de alambre reticulado tridimensional.
6. La estructura de soporte de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 o 5, en donde la densidad de la pluralidad de segmentos (431a, 431b) de alambre varía a lo largo de la longitud de la estructura de soporte.
7. Un método para formar una estructura de soporte, que comprende:
colocar un primer segmento (431a) de alambre de material termoplástico, teniendo el primer segmento de alambre un primer patrón de dientes de sierra;
colocar un segundo segmento (431b) de alambre de material termoplástico sobre el primer segmento (431a) de alambre, teniendo el segundo segmento (431b) de alambre un segundo patrón de dientes de sierra desplazado del primer patrón de dientes de sierra;
adherir el segundo segmento (431b) de alambre al primer segmento (431a) de alambre;
colocar un tercer segmento (431c) de alambre de material termoplástico sobre el segundo segmento (431b) de alambre, teniendo el tercer segmento (431c) de alambre el primer patrón de dientes de sierra, el tercer segmento (431c) de alambre alineado con el primer segmento (431a) de alambre y desplazado a partir del segundo segmento (431b) de alambre; y
adherir el tercer segmento (431c) de alambre al primer segmento (431a) de alambre.
8. El método de la reivindicación 7, comprendiendo además expandir el primer segmento (431a) de alambre, el segundo segmento (431b) de alambre y el tercer segmento (431c) de alambre.
9. El método de las reivindicaciones 7 u 8, comprendiendo además disponer un cuarto segmento (431d) de alambre sobre el tercer segmento (431c) de alambre, teniendo el cuarto segmento (431d) de alambre el segundo patrón de dientes de sierra, el cuarto segmento (431d) de alambre alineado con el segundo segmento (431b) de alambre.
10. El método de la reivindicación 9, comprendiendo además adherir el cuarto segmento (431d) de alambre al segundo segmento (431b) de alambre y el tercer segmento (431c) de alambre.
11. El método de la reivindicación 10, comprendiendo además disponer el quinto segmento (431e) de alambre sobre el cuarto segmento (431d) de alambre, teniendo el quinto segmento (431e) de alambre el primer patrón de dientes de sierra y alineado con el primer segmento (431a) de alambre y el tercer segmento (431c) de alambre.
12. El método de la reivindicación 11, comprendiendo además adherir el quinto segmento (431e) de alambre al tercer segmento (431c) de alambre.

13. El método de las reivindicaciones 7, 8, 9, 10, 11 o 12, en donde adherir el segundo segmento (431b) de alambre al primer segmento (431a) de alambre comprende unir por fusión el segundo segmento (431b) de alambre al primer segmento (431a) de alambre.

5 14. El método de las reivindicaciones 7, 8, 9, 10, 11, 12 o 13, comprendiendo además adherir un revestimiento (215) termoplástico al primer segmento (431a) de alambre, el segundo segmento (431b) de alambre y el tercer segmento (431c) de alambre.

15. El método de las reivindicaciones 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 o 14, comprendiendo además mantener el primer segmento (431a) de alambre, el segundo segmento (431b) de alambre y el tercer segmento (431c) de alambre en una configuración expandida usando un medio de herramientas soluble.

10



ॐ

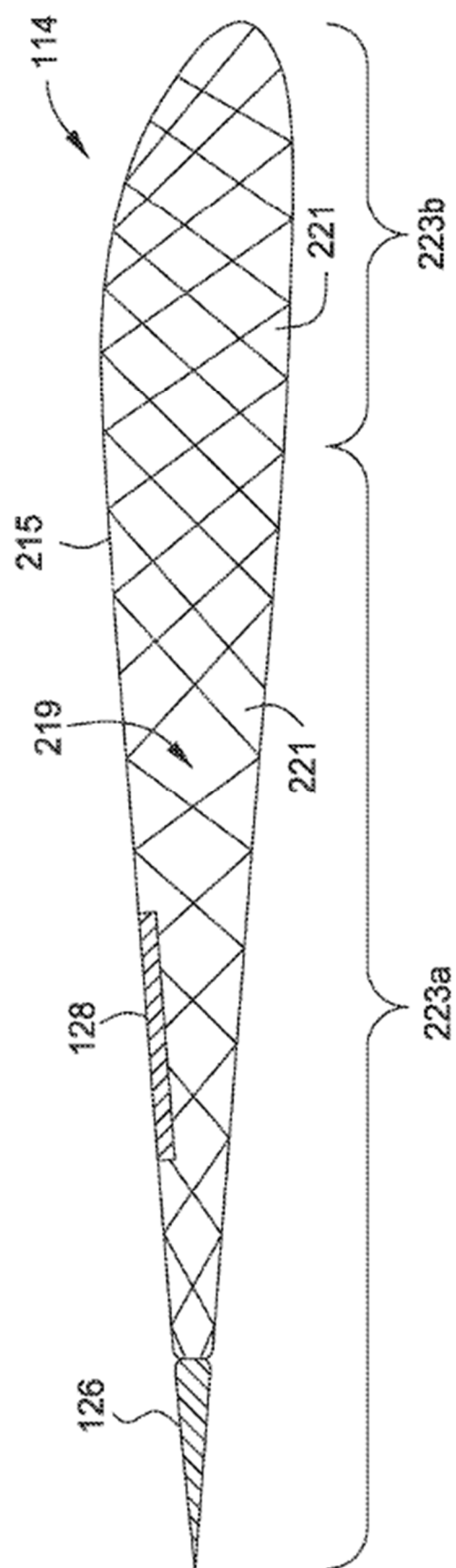
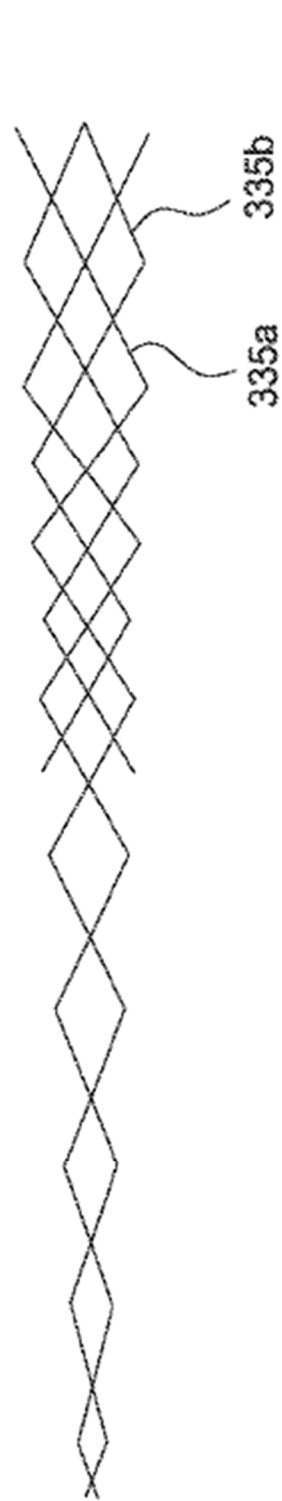
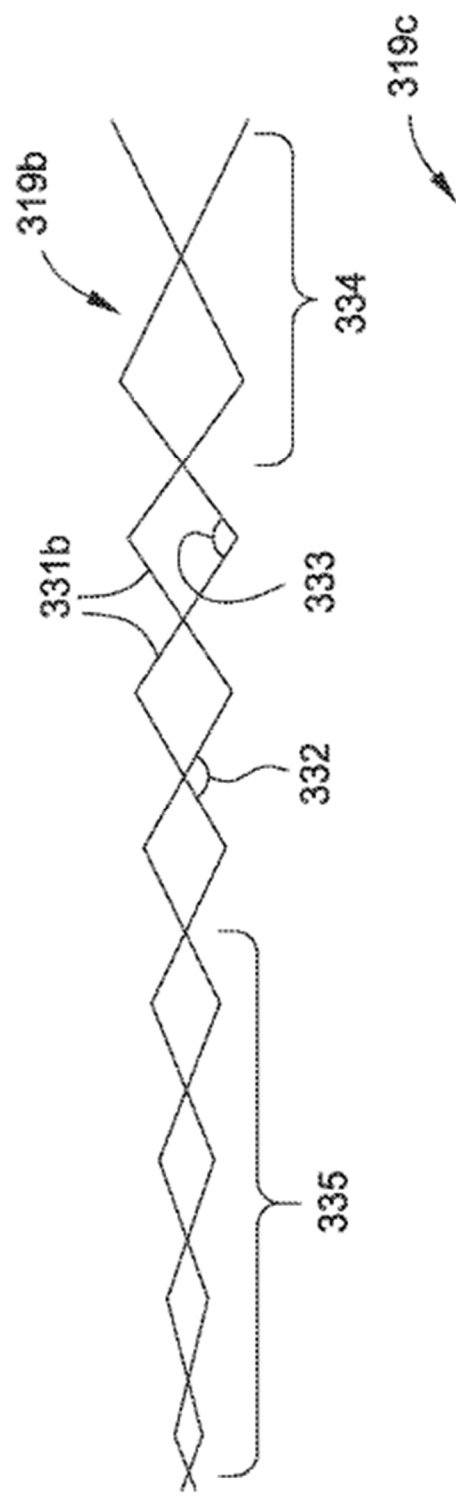
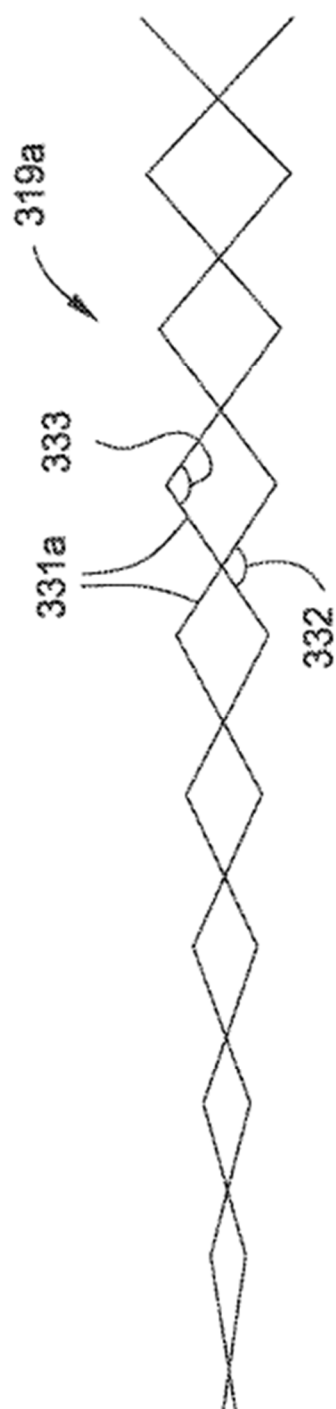
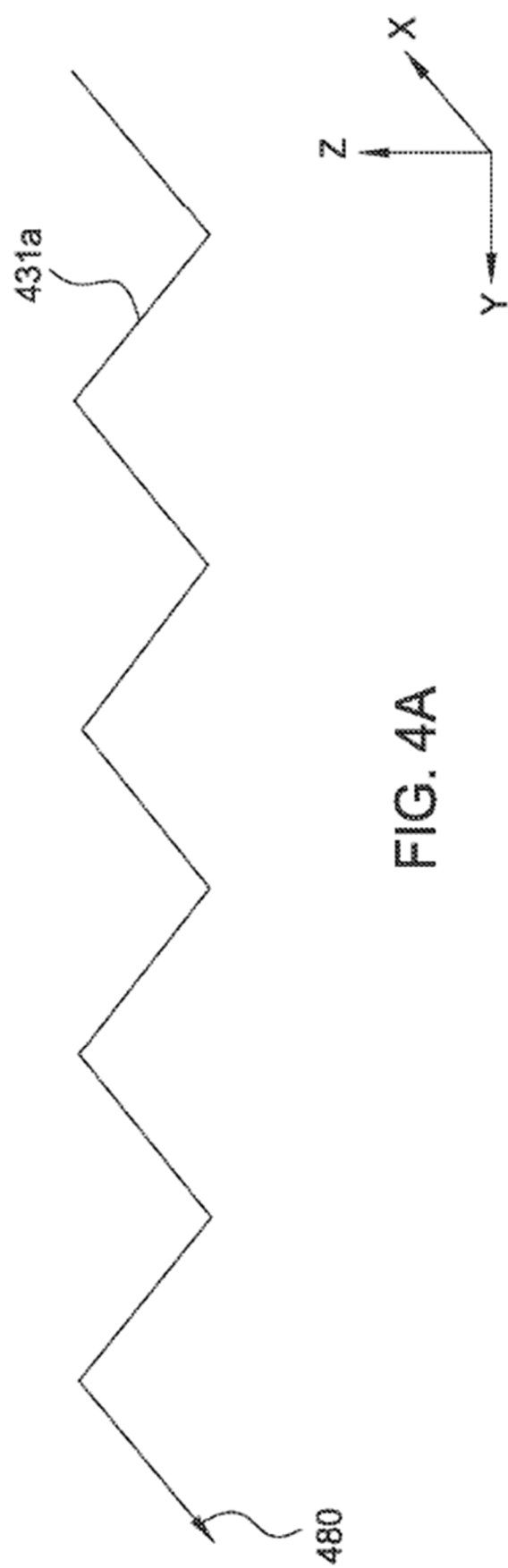
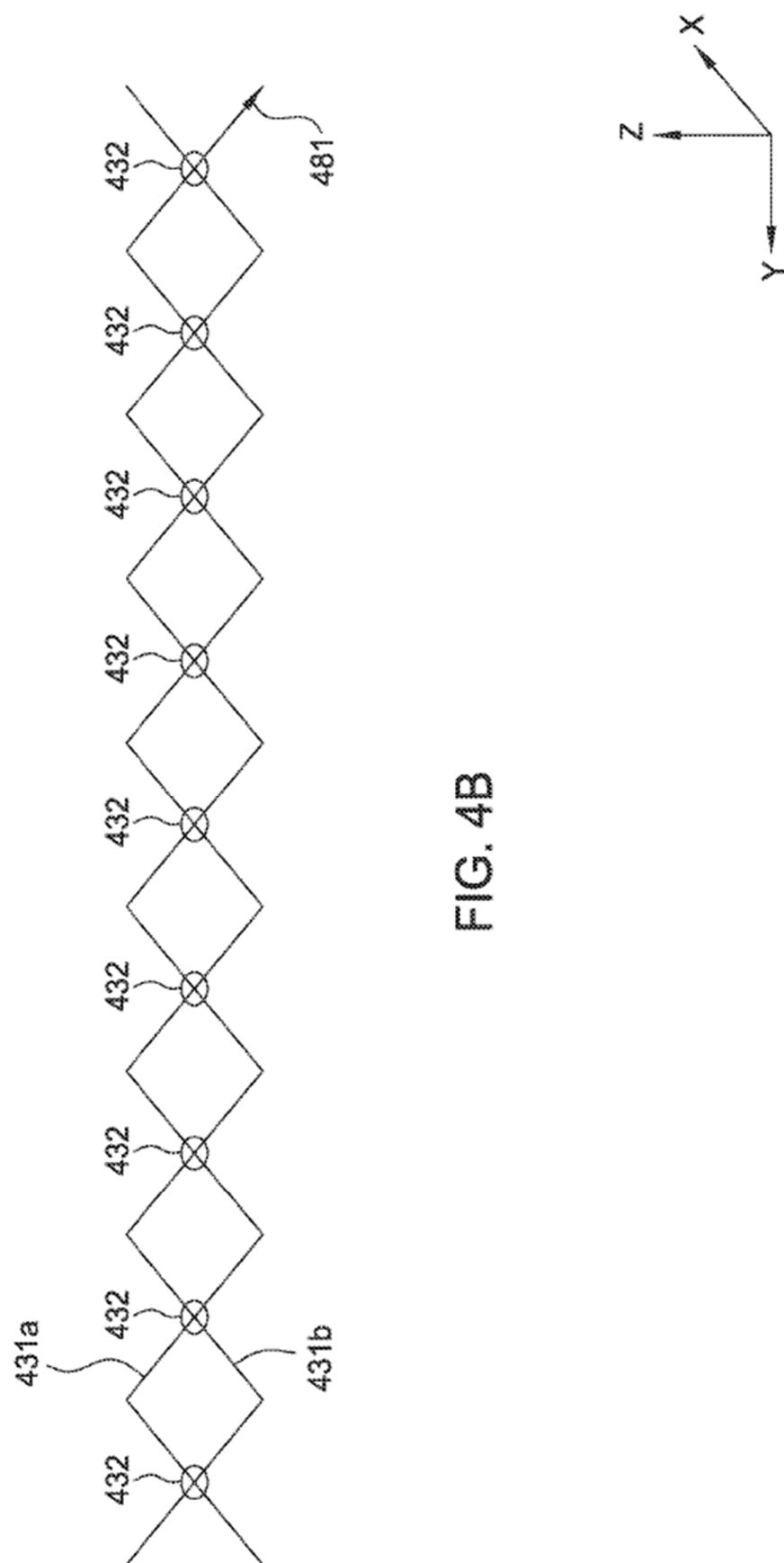
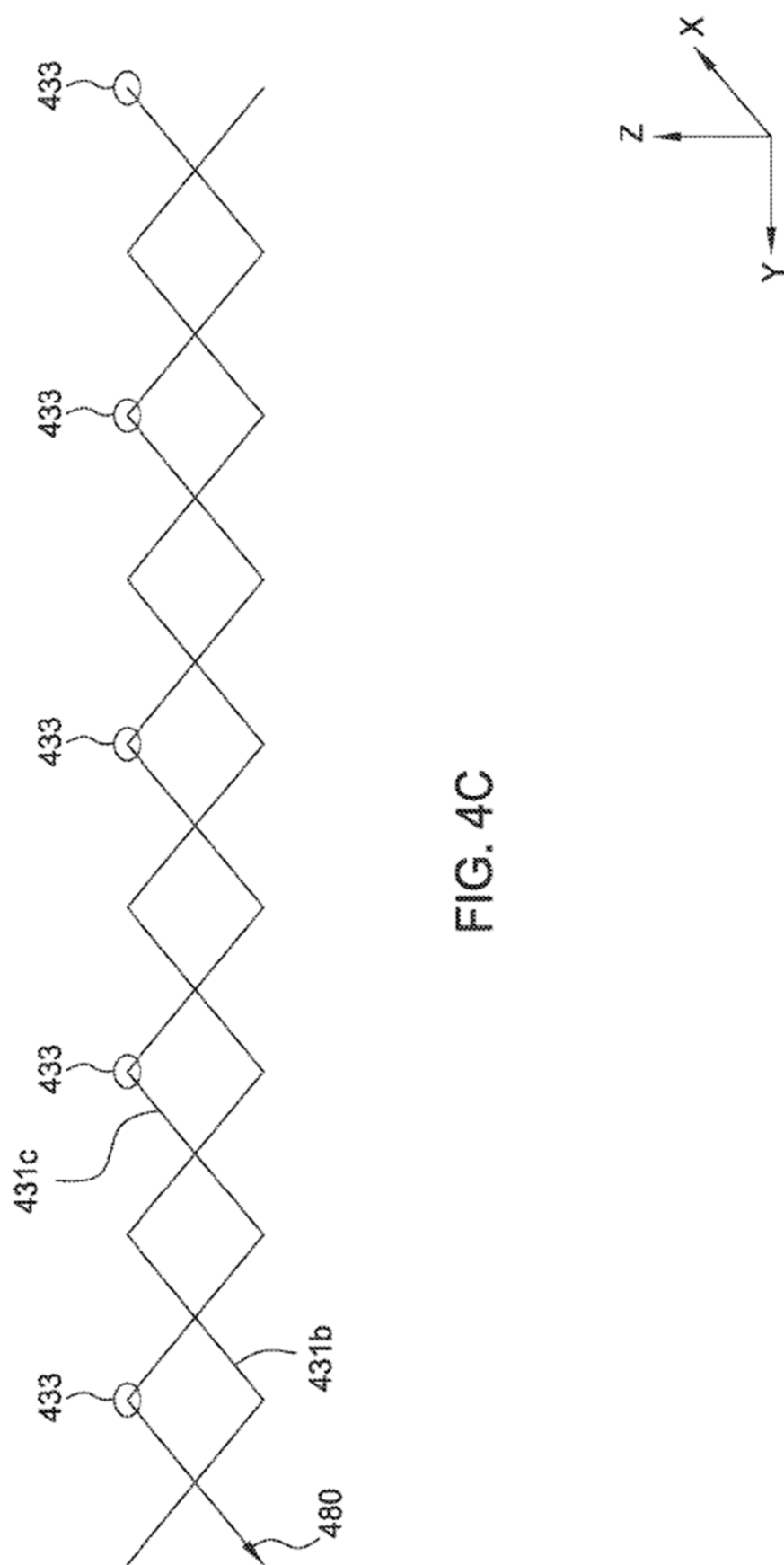


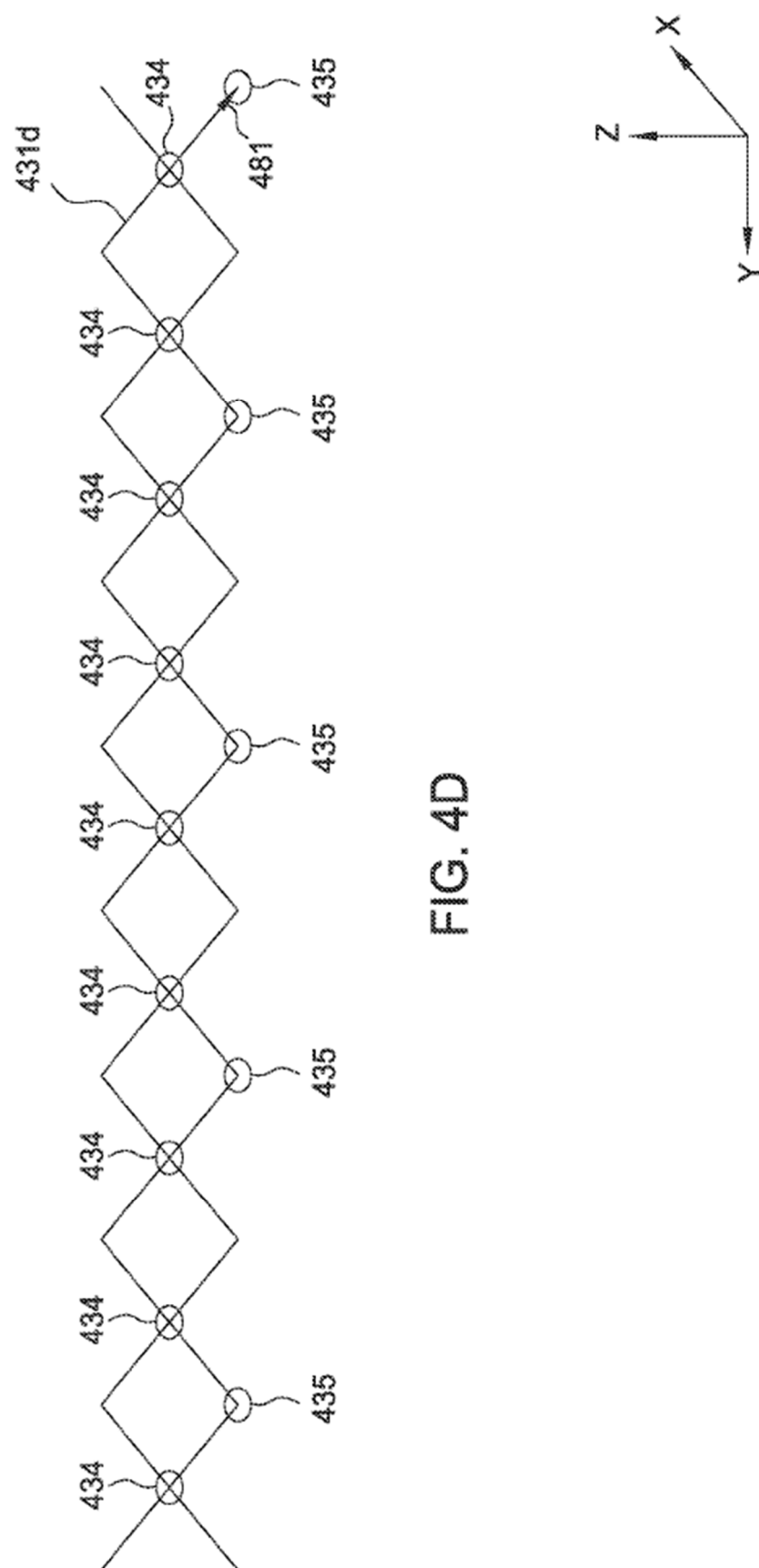
FIG. 2

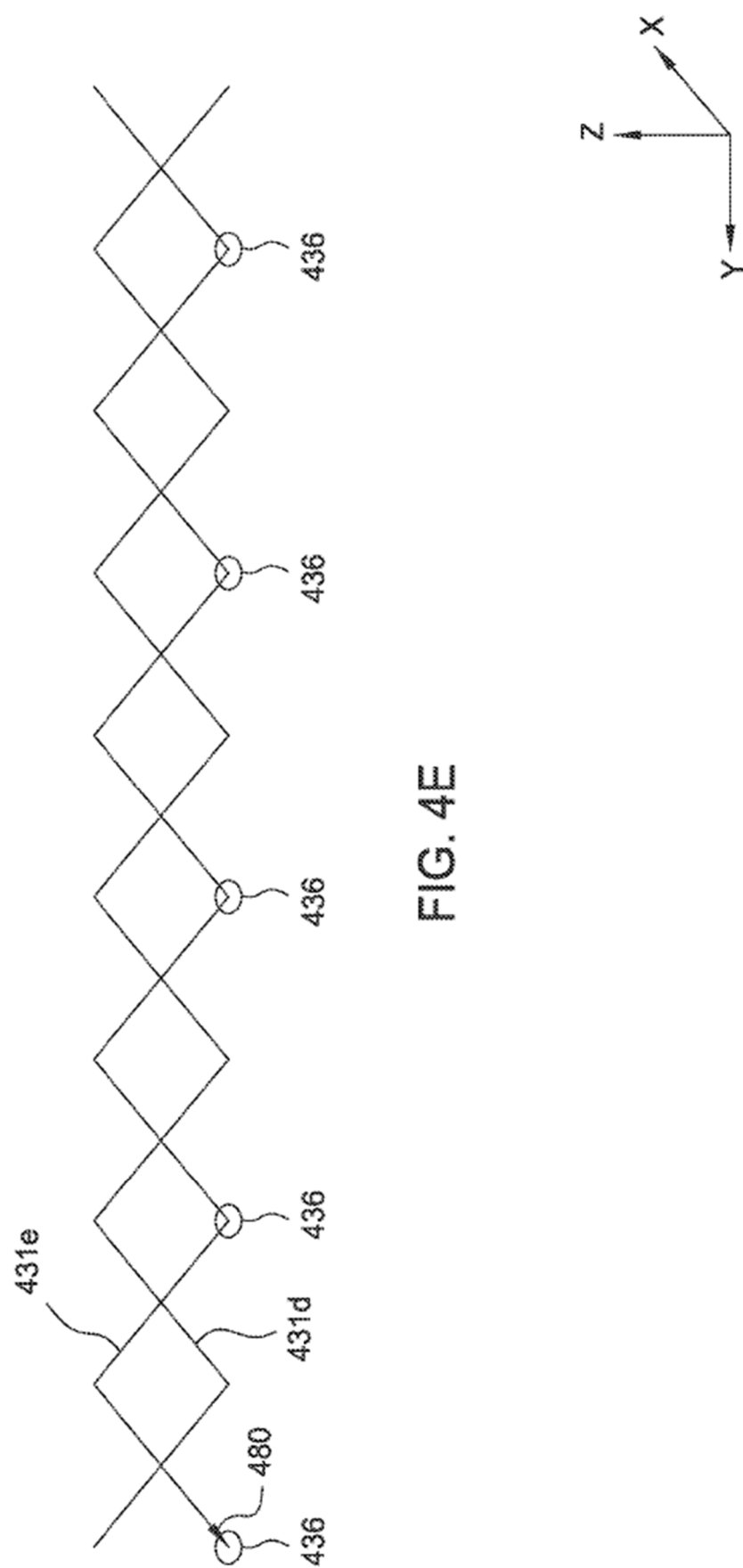












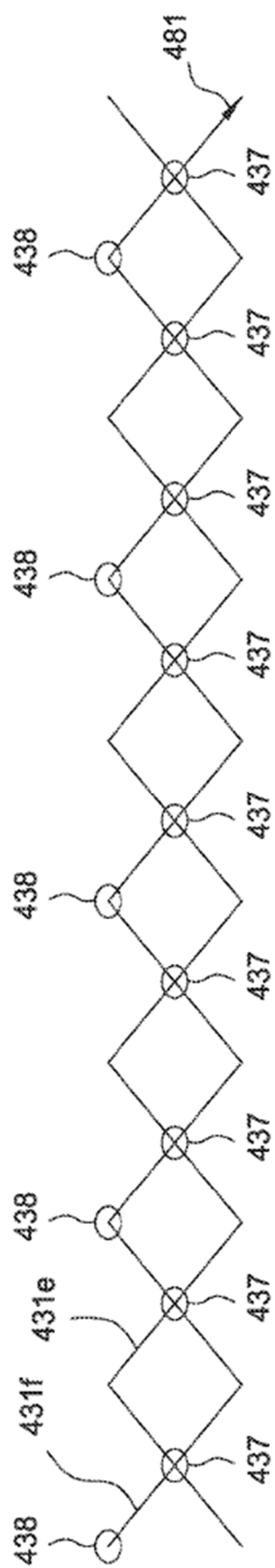
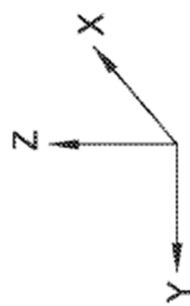


FIG. 4F



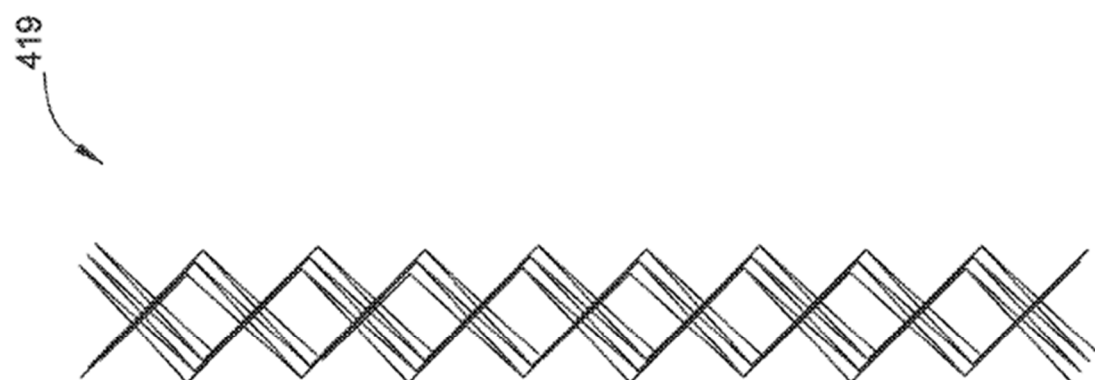


FIG. 4I

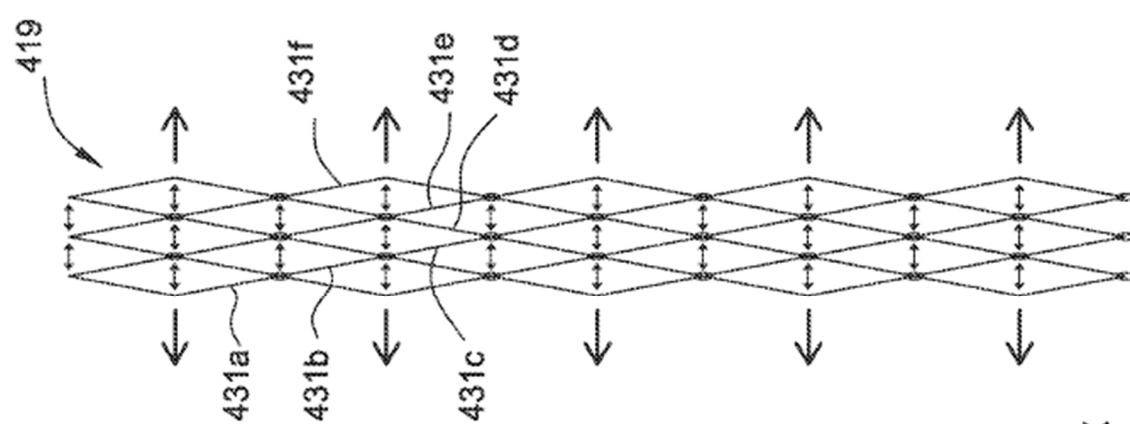


FIG. 4H

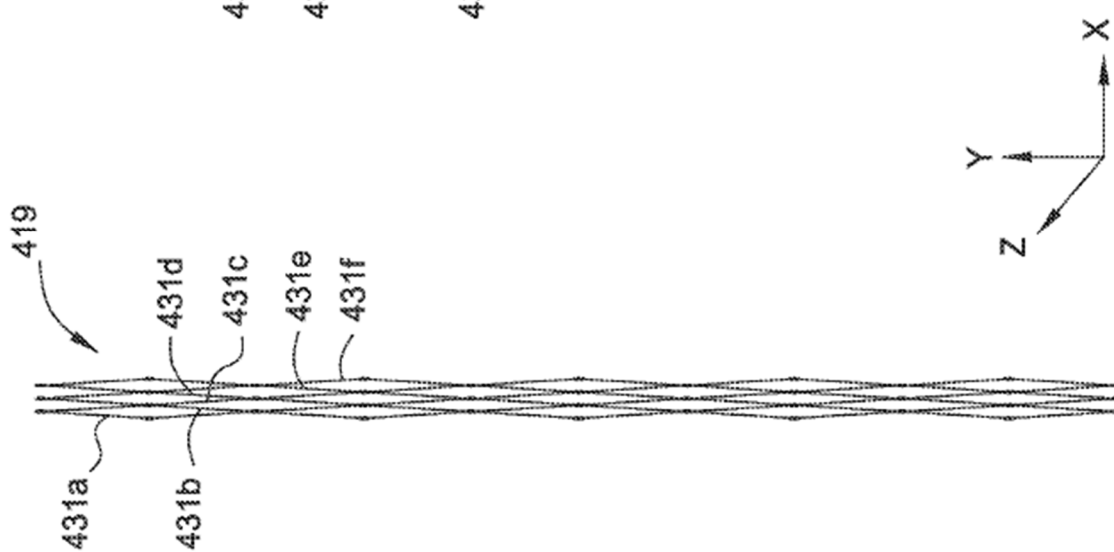


FIG. 4G

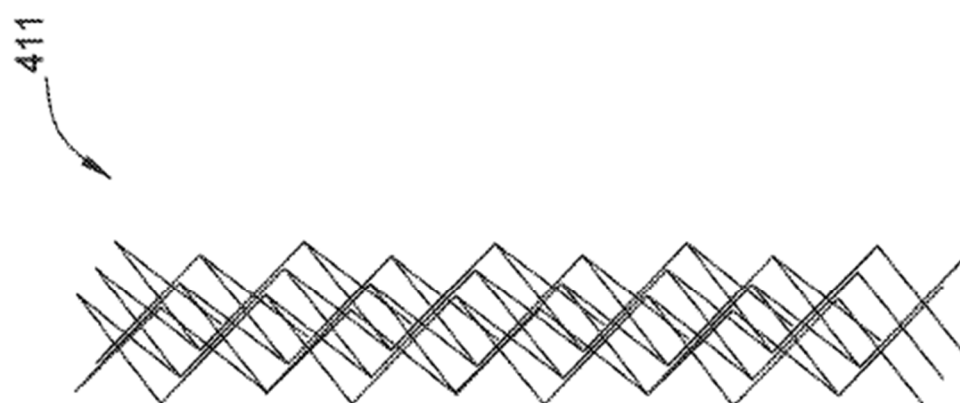


FIG. 4K

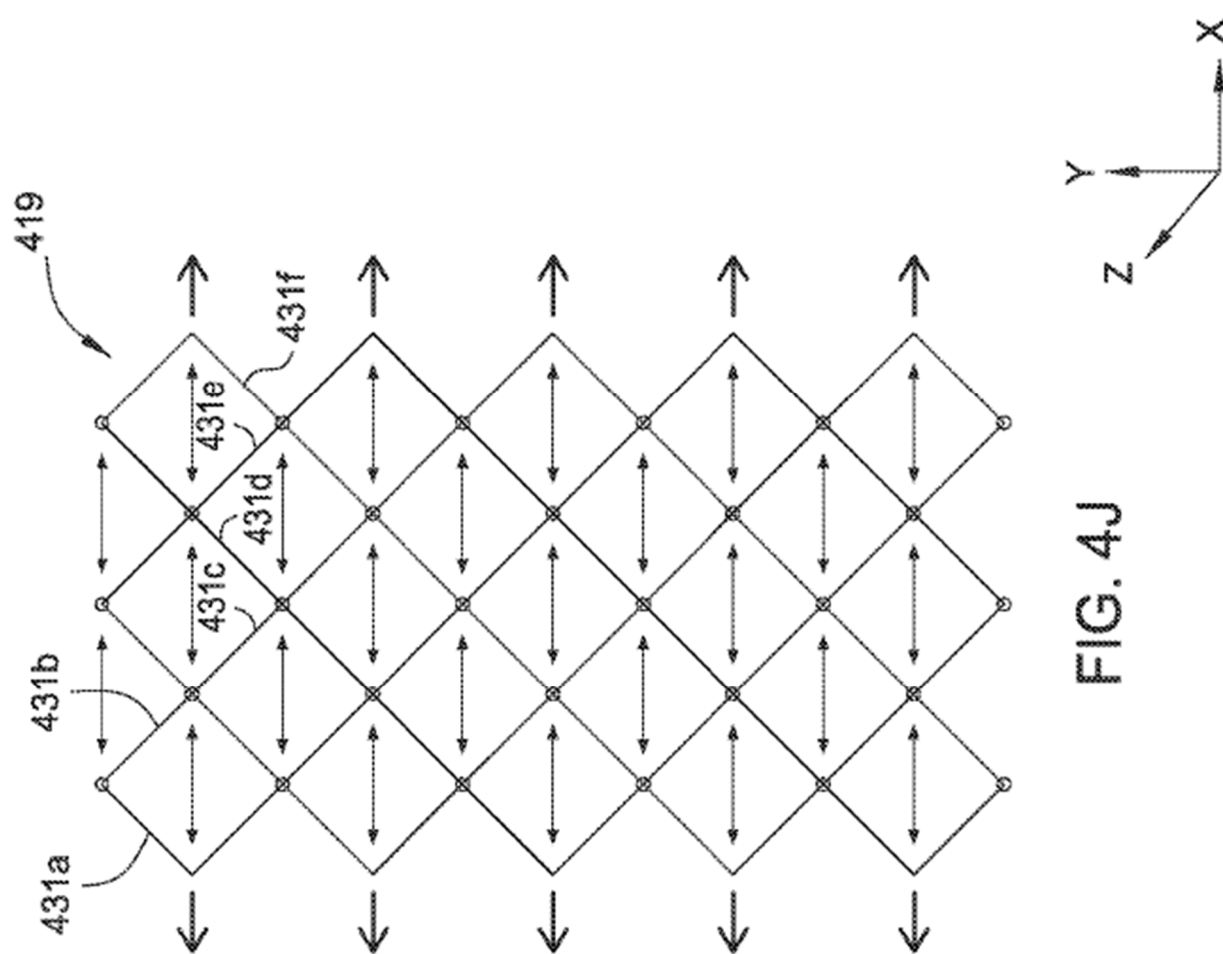


FIG. 4J

