

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 385**

51 Int. Cl.:

B23B 39/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2014** E 14182038 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** EP 2842672

54 Título: **Sistema y método para formar perforaciones en una sección de cilindro**

30 Prioridad:

28.08.2013 US 201314012243

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

28.05.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZUBIN, CLAUDIO;
GIBBINGS, GEOFFREY;
SHEWFELT, MATHEW J.;
SIMONOVIC, DAMJAN;
FERREIRA, ANTONIO M.;
BOONSTRA, DAVID;
LAUDER, ARNOLD J. y
GABRIEL, MARK F.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 763 385 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para formar perforaciones en una sección de cilindro

Campo

5 La presente divulgación se refiere, en general, a la producción de un tratamiento acústico de estructuras y, más particularmente, a la formación de perforaciones acústicas en una sección de cilindro de entrada de motor.

Antecedentes

10 Se requiere que las aerolíneas comerciales cumplan determinados estándares de ruido tal como durante el despegue y el aterrizaje. Una gran parte del ruido producido por una aerolínea comercial durante el despegue y el aterrizaje se genera mediante motores de turbina de gas usados habitualmente en aerolíneas. Los métodos conocidos para reducir el nivel de ruido de un motor de turbina de gas incluyen tratar acústicamente la entrada de motor de la góndola de motor. A este respecto, la sección de cilindro interior de una entrada de motor de turbina de gas puede estar dotada de una pluralidad de perforaciones relativamente pequeñas formadas en las paredes de la sección de cilindro interior. Las perforaciones absorben parte del ruido que se genera mediante aspas de ventilador que rotan a alta velocidad en la entrada de motor, y reduciendo de ese modo la salida de ruido global del motor de turbina de gas.

15 Métodos convencionales para formar perforaciones en estructuras acústicas tales como la sección de cilindro incluyen formar la pared interior de la sección de cilindro como un componente independiente, seguido por la formación de las perforaciones en la pared interior. La pared interior puede ensamblarse entonces con otros componentes que conforman la sección de cilindro, que entonces se ensambla con la góndola del motor de turbina de gas. Desafortunadamente, tales métodos convencionales para formar estructuras acústicas incluyen operaciones que pueden dar como resultado el bloqueo de algunas de las perforaciones después de haberse formado las perforaciones.

20 Métodos convencionales para formar estructuras acústicas también pueden dar como resultado perder perforaciones. Tales perforaciones bloqueadas o perforaciones perdidas pueden reducir el porcentaje de área abierta (POA) de la pared interior (por ejemplo, el área total de las perforaciones como porcentaje del área de superficie de la pared interior) que es una característica de estructuras acústicas para medir su eficacia global para absorber o atenuar el ruido. Además, métodos convencionales de formación de perforaciones en estructuras acústicas son procedimientos que consumen mucho tiempo que se añade al programa de producción y al coste.

25 Tal como puede observarse, existe una necesidad en la técnica de un sistema y un método para formar perforaciones en una estructura acústica que minimicen o eliminen que se produzcan perforaciones bloqueadas o perdidas, y que puedan realizarse de manera puntual y económica.

30 El documento GB 2478312, según su resumen, describe un panel acústico compuesto empleado en un paso de entrada de un motor de turbina de gas o motor de turboventilador del tipo que se dispone en aeronaves comerciales y comprende una capa frontal permeable realizada de un material compuesto, una lámina trasera impermeable realizada de un material compuesto y una capa de absorción de sonido que puede ser una espuma metálica o estructura de panal de abeja metálica. Se fabrica mediante un procedimiento de polimerización doble para la capa frontal y el resto del panel acústico y finalmente una etapa de perforación, tal como mediante husillos de perforación o láser para perforar la capa frontal según una distribución de perforación determinada previamente. El documento US2009/0313830, según su resumen, describe un soporte de manipulación de carcasa con elementos de agarre que agarran los bordes de extremo de una carcasa realizada de un material compuesto fijado todavía a un tambor de moldeo. Un montante de expulsión impide que el tambor se mueva mientras que el traslado del soporte retira la carcasa del tambor. La carcasa se transporta entonces por el soporte a una estación de trabajo en la que robots sujetan mediante remaches las nervaduras transversales en la misma. Las nervaduras transversales alcanzan la posición de trabajo del robot dispuestas de manera ordenada en un almacenamiento de nervaduras que se mueve a sí mismo, que se inserta en la propia carcasa.

Sumario

35 Según un aspecto de la divulgación, se proporciona: un sistema de perforación, que comprende: una pluralidad de unidades de perforación robóticas montadas en conjunto, teniendo cada unidad de perforación una base de unidad de perforación configurada para colocarse en el interior de una sección de cilindro, sección de cilindro que es una sección de cilindro interior de entrada de motor configurada como una estructura de interposición compuesta que tiene una lámina frontal interior; teniendo cada una de las unidades de perforación robóticas un efector final de perforación configurado para colocarse en el interior de dicha sección de cilindro; y estando las unidades de perforación robóticas configuradas para hacerse funcionar simultáneamente en un movimiento sincronizado una con respecto a otra para perforar simultáneamente una pluralidad de perforaciones en la lámina frontal interior usando efectores finales de perforación configurados para proporcionar un porcentaje de área abierta predeterminado de la lámina frontal interior; en donde: las unidades de perforación robóticas se configuran para disponer un patrón de orificios de perforaciones a una o más paredes de celda de un núcleo de panal de abeja de la estructura de

interposición compuesta y las unidades de perforación robóticas se configuran para formar el patrón de orificios en la lámina frontal interior de manera que las perforaciones se ubican a una distancia separada de las paredes de celda del núcleo de panal de abeja.

5 Opcionalmente, la pluralidad de unidades de perforación robóticas comprende al menos tres unidades de perforación robóticas.

Opcionalmente, los efectores finales de perforación se configuran para poder colocarse en el interior de una sección de cilindro interior de entrada de motor de una pieza curada en una única etapa.

Opcionalmente, al menos una de las unidades de perforación robóticas tiene un conjunto de brazo robótico que puede moverse alrededor de al menos cinco ejes.

10 Opcionalmente, la sección de cilindro y las unidades de perforación robóticas se disponen en al menos un dispositivo que soporta la sección de cilindro.

Según un aspecto adicional de la divulgación, se proporciona: un método de fabricación de una entrada de motor, que comprende las etapas de: proporcionar una sección de cilindro interior de entrada de motor configurada como una estructura de interposición compuesta que tiene una lámina frontal interior; perforar robóticamente una pluralidad de perforaciones en la lámina frontal interior tras el curado final de la estructura de interposición compuesta usando efectores finales de perforación de una pluralidad de unidades de perforación robóticas, teniendo cada unidad de perforación una base de unidad de perforación montada en conjunto en el interior de la sección de cilindro, en el que las unidades de perforación se hacen funcionar simultáneamente en movimiento sincronizado una con respecto a otra; y formar la pluralidad de perforaciones en una cantidad proporcionando un porcentaje de área abierta predeterminado de la lámina frontal interior; en el que la etapa de perforar robóticamente la pluralidad de perforaciones comprende: disponer un patrón de orificios de las perforaciones en una o más paredes de celda de un núcleo de panal de abeja de la estructura de interposición compuesta; y en el que la etapa de disponer el patrón de orificios incluye: colocar el patrón de orificios de manera que cada perforación se ubica a una distancia separada de las paredes de celda.

25 Opcionalmente, la etapa de proporcionar la sección de cilindro interior de entrada de motor incluye proporcionar la sección de cilindro interior de entrada de motor como una estructura de interposición compuesta de una pieza curada en una única etapa.

Opcionalmente, la etapa de perforar robóticamente la pluralidad de perforaciones incluye perforar la pluralidad de perforaciones para proporcionar un porcentaje de área abierta en una sección de la lámina frontal interior que es diferente al porcentaje de área abierta en otra sección de la lámina frontal interior.

Opcionalmente, el método comprende disponer la sección de cilindro interior de entrada de motor y las unidades de perforación robóticas en al menos un dispositivo que soporta la sección de cilindro.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente divulgación resultarán más evidentes tras hacer referencia a los dibujos en los que números similares se refieren a partes similares en todo el documento y en los que:

la figura 1 es una ilustración en perspectiva de una aeronave;

la figura 2 es una ilustración en perspectiva de una góndola de un motor de turbina de gas de la aeronave de la figura 1;

40 la figura 3 es una ilustración en perspectiva de una sección de cilindro interior de una entrada de motor del motor de turbina de gas de la figura 2;

la figura 4 es una ilustración en sección transversal de un borde delantero de la entrada de motor del motor de turbina de gas de la figura 2;

la figura 5 es una ilustración en perspectiva de una realización de un sistema de perforación para formar perforaciones en una sección de cilindro;

45 la figura 6 es una ilustración en perspectiva del sistema de perforación con la sección de cilindro mostrada en líneas fantasma para ilustrar una pluralidad de unidades de perforación robóticas del sistema de perforación;

la figura 7 es una vista lateral del sistema de perforación;

la figura 8 es la vista desde arriba del sistema de perforación;

50 la figura 9 es una vista lateral de una de las unidades de perforación robóticas que forma un patrón de orificios a lo largo de una lámina frontal interior de la sección de cilindro interior;

la figura 10 es una ilustración en perspectiva de un efector final de perforación que forma una perforación en una lámina frontal interior de una estructura de interposición compuesta de la sección de cilindro interior;

5 la figura 11 es una ilustración en sección transversal tomada a lo largo de la línea 11 de la figura 10 y que ilustra una broca del efector final de perforación que realiza una perforación en la lámina frontal interior de la estructura de interposición compuesta;

la figura 12 es un diagrama de bloques de una realización del sistema de perforación;

la figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo que incluye una o más operaciones que pueden implementarse en un método de fabricación de una entrada de motor;

la figura 14 es un diagrama de flujo de una metodología de mantenimiento y fabricación de aeronave; y

10 la figura 15 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

Ahora, haciendo referencia a los dibujos en los que lo que se muestra es con fines de ilustración de las diversas realizaciones de la presente divulgación, en la figura 1 se muestra una ilustración en perspectiva de una aeronave 100. La aeronave 100 puede incluir un fuselaje 102 que se extiende desde una nariz hasta un empenaje 104. El empenaje 104 puede incluir una o más superficies de cola para el control de dirección de la aeronave 100. La aeronave 100 puede incluir un par de alas 106 que se extienden hacia el exterior desde el fuselaje 102.

En la figura 1, la aeronave 100 puede incluir una o más unidades de propulsión que, en una realización, pueden estar soportadas por las alas 106. Cada una de las unidades de propulsión puede estar configurada como un motor 108 de turbina de gas que tiene un núcleo del motor (no se muestra) rodeado por una góndola 110. La góndola 110 puede incluir una entrada 114 de motor y una capota 118 de ventilador que rodea uno o más ventiladores (no se muestran) montados en un extremo delantero (no se muestra) del núcleo del motor. La góndola 110 puede tener una boquilla 112 de escape (por ejemplo, una boquilla de escape principal y una boquilla de ventilador) en un extremo de popa (no se muestra) del motor 108 de turbina de gas.

La figura 2 ilustra una realización de un motor 108 de turbina de gas que tiene una entrada 114 de motor. La entrada 114 de motor puede incluir un borde 116 delantero y una sección 120 de cilindro interior ubicada en la parte posterior del borde 116 delantero de la entrada 114 de motor. La sección 120 de cilindro interior puede proporcionar una superficie o pared de límite para dirigir un flujo de aire (no se muestra) que entra por la entrada 114 de motor y que pasa a través del motor 108 de turbina de gas. La sección 120 de cilindro interior puede ubicarse a una cercanía relativamente próxima con respecto a uno o más ventiladores (no se muestran). A este respecto, la sección 120 de cilindro interior también puede estar configurada para servir como una estructura acústica que tiene una pluralidad de perforaciones 136 (figura 9) en una lámina 134 frontal interior (figura 10) de la sección 120 de cilindro interior para absorber el ruido generado mediante los ventiladores rotatorios y/o el ruido generado por el flujo de aire que entra en la entrada 114 de motor y que pasa a través del motor 108 de turbina de gas.

Tal como se describe a continuación, el área total de las perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior puede expresarse como un porcentaje 144 de área abierta (figura 9) que representa el área total de las perforaciones 136 como un porcentaje del área de superficie de la lámina 134 frontal interior. El porcentaje 144 de área abierta puede ser una característica para medir la eficacia global o la capacidad de atenuación acústica de la sección 120 de cilindro interior. Durante el diseño y/o desarrollo de la aeronave 100, puede seleccionarse un porcentaje 144 de área abierta predeterminado, específico (figura 9) para la sección 120 de cilindro interior para que cumpla los requisitos de rendimiento acústicos de la entrada 114 de motor.

La figura 3 es una ilustración en perspectiva de una realización de una sección 120 de cilindro interior de una entrada 114 de motor. En la realización mostrada, la sección 120 de cilindro puede tener un diámetro (no se muestra) de hasta 1,53-2,44 m (5-8 pies) o mayor, y una longitud (no se muestra) que se extiende desde un borde 126 posterior a un borde 124 delantero de hasta 0,61-0,92 m (2-3 pies) o mayor. Sin embargo, la sección 120 de cilindro puede proporcionarse en cualquier tamaño, forma, y configuración, sin limitación. La sección 120 de cilindro interior se forma como una estructura 122 de interposición compuesta que tiene una lámina 134 frontal interior y una lámina 132 frontal exterior separadas por un núcleo 128. La lámina 134 frontal interior y/o la lámina 132 frontal exterior pueden estar formadas por un material compuesto que incluye material de matriz polimérica reforzado con fibra tal como grafito-epoxi, fibra de vidrio-epoxi, u otro material compuesto. Alternativamente, la lámina 134 frontal interior y/o la lámina 132 frontal exterior pueden estar formadas por material de metal tal como titanio, acero, u otros materiales de metal o combinaciones de materiales. El núcleo 128 puede comprender un núcleo de panal de abeja que tiene una pluralidad de celdas 130 orientadas, generalmente, en transversal a la lámina 134 frontal interior y lámina 132 frontal exterior. El núcleo 128 puede estar formado por material de metal y/o material no metálico y puede incluir aluminio, titanio, aramida, fibra de vidrio, u otros materiales de núcleo.

55 En la figura 3, en una realización, la entrada 114 de motor puede comprender una sección 120 de cilindro interior de entrada 114 de motor de una pieza. La sección 120 de cilindro interior puede fabricarse a partir de materias primas

(no se muestran) y ensamblarse y curarse en una o más etapas. Por ejemplo, la lámina 134 frontal interior y la lámina 132 frontal exterior pueden formarse de manera independiente estratificando material textil de fibra seca (no se muestra) o material plegado impregnado de resina (es decir, previamente impregnado) en mandriles estratificados independientes (no se muestran) y curados de manera independiente, seguido por la unión de la lámina 134 frontal interior y la lámina 132 frontal exterior al núcleo 128. Alternativamente, la sección 120 de cilindro interior puede fabricarse en un procedimiento de curado de única etapa en el que la lámina 134 frontal interior puede estratificarse en un mandril de estratificación (no se muestra), tras lo que el núcleo 128 puede estratificarse sobre la lámina 134 frontal interior, seguido por la estratificación de la lámina 132 frontal exterior sobre el núcleo 128. El conjunto de estratificación (no se muestra) puede curarse en una única etapa, tras la cual puede implementarse el sistema 200 de perforación (figura 5) dado a conocer en el presente documento para formar perforaciones 136 (figura 9) en la lámina 134 frontal interior.

En una realización descrita en mayor detalle a continuación, el sistema 200 de perforación (figura 5) dado a conocer en el presente documento se implementa para formar una pluralidad de perforaciones 136 (figura 9) en la lámina 134 frontal interior (figura 9) de la sección 120 de cilindro ensamblada. El sistema 200 de perforación (figura 5) dado a conocer en el presente documento incluye una pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas (figura 8) colocadas en el interior de la sección 120 de cilindro para perforar robóticamente una pluralidad de las perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior tras el curado final de la sección 120 de cilindro interior de entrada de motor de la estructura 122 de interposición compuesta. Las perforaciones 136 (figura 9) pueden estar formadas en un tamaño y cantidad para proporcionar un porcentaje 144 de área abierta predeterminado para la sección 120 de cilindro interior para permitir que la sección 120 de cilindro interior cumpla requisitos de rendimiento acústicos de la entrada 114 de motor.

En la figura 3, la sección 120 de cilindro interior puede comprender una estructura unitaria que tiene una forma cerrada con una configuración generalmente cilíndrica. Sin embargo, en una realización, la sección 120 de cilindro interior puede estar formada como múltiples segmentos (no se muestran) ensamblados en conjunto para formar una forma cerrada. La sección 120 de cilindro interior puede proporcionarse en una forma en sección transversal contorneada (no se muestra) para facilitar el flujo de aire (no se muestra) a través del motor 108 de turbina de gas. A este respecto, cuando se observa a lo largo de una dirección circunferencial, la sección 120 de cilindro interior puede tener una sección transversal que puede ser curva de manera compleja y puede estar formada de manera complementaria con la forma del borde 116 delantero de la entrada 114 de motor en un borde 124 delantero de la sección 120 de cilindro interior, y de manera complementaria a la forma de las superficies de góndola interior (no se muestran) en la parte posterior de la sección 120 de cilindro interior. Sin embargo, la sección 120 de cilindro interior puede proporcionarse en cualquier forma incluyendo una forma cilíndrica y/o una forma cónica sencillas.

La figura 4 es una ilustración en sección transversal del borde 116 delantero de la entrada 114 de motor que muestra la construcción de interposición compuesta incluyendo la lámina 134 frontal interior circunferencial, la lámina 132 frontal exterior circunferencial, y el núcleo 128 que separa la lámina 134 frontal interior y la lámina 132 frontal exterior de la sección 120 de cilindro. El borde 124 delantero de la sección 120 de cilindro interior puede acoplarse con o puede entrar en contacto con el borde 116 delantero de la entrada 114 de motor. El borde 126 posterior de la sección 120 de cilindro interior puede acoplarse con o puede entrar en contacto con el interior de la góndola (no se muestra). En la realización mostrada, la lámina 134 frontal interior, el núcleo 128, y la lámina 132 frontal exterior tienen una forma en sección transversal curva de manera compleja para facilitar una entrada eficaz de flujo de aire a través de la góndola 110.

La figura 5 es una ilustración de una realización de un sistema 200 de perforación tal como el implementado para formar perforaciones 136 (figura 9) en una sección 120 de cilindro tal como la sección 120 de cilindro interior de una entrada 114 de motor de un motor 108 de turbina de gas (figura 3). Por ejemplo, el sistema 200 de perforación puede implementarse para formar perforaciones 136 (figura 9) en una sección de cilindro de cualquiera de una variedad de tipos diferentes de aeronaves 100 civiles, militares y comerciales (figura 1). Además, el sistema 200 de perforación puede implementarse para formar perforaciones 136 (figura 9) en la sección 120 de cilindro de un motor 108 de turbina de gas (figura 1) de aeronaves de rotor, aerodeslizadores, o en cualquier otra aplicación vehicular o no vehicular en la que se requieran una cantidad predeterminada de perforaciones 136 acústicas (figura 9) en una sección 120 de cilindro con fines de atenuación acústica.

En la figura 5, se muestra el sistema 200 de perforación montado en el interior de una sección 120 de cilindro. El sistema 200 de perforación incluye unidades 208 de perforación robóticas que permiten formar perforaciones 136 (figura 9) en una sección 120 de cilindro para proporcionar el porcentaje 144 de área abierta predeterminado (figura 9) de la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro. Tal como se indicó anteriormente, el porcentaje 144 de área abierta predeterminado puede determinarse durante el diseño y/o desarrollo de la aeronave 100 (figura 1) para cumplir los requisitos de rendimiento acústicos de la entrada 114 de motor. El sistema 200 de perforación dado a conocer en el presente documento permite la formación continuada de perforaciones 136 en las láminas 134 frontales interiores de las secciones 120 de cilindro de la estructura 122 de interposición compuesta para proporcionar un porcentaje 144 de área abierta predeterminado (figura 9) en la lámina 134 frontal interior. A este respecto, el sistema 200 de perforación supera de manera ventajosa las desventajas asociadas con los métodos convencionales para formar perforaciones (no se muestran) en secciones de cilindro interiores convencionales (no se muestran) tal como las desventajas anteriormente mencionadas asociadas con perforaciones bloqueadas (no se

muestran) debido a un procesamiento posterior de una sección de cilindro interior convencional (no se muestra) en un procedimiento de formación de múltiples etapas convencional (no se muestra), y/o debido a las perforaciones perdidas (no se muestran) durante la perforación convencional (no se muestra) del revestimiento interior (no se muestra) de una sección de cilindro interior convencional. Tales perforaciones bloqueadas o perforaciones perdidas pueden reducir el porcentaje 144 de área abierta predeterminado del revestimiento interior de la sección de cilindro interior convencional, lo que puede reducir el rendimiento acústico de la entrada 114 de motor.

En la figura 5, una pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas (por ejemplo, dos unidades 208 de perforación robóticas, tres unidades 208 de perforación robóticas, etc.) pueden soportarse por una base 202 de sistema. Cada una de las unidades 208 de perforación robóticas incluye un efector 234 final de perforación. En una realización, la base 202 de sistema puede comprender una estructura relativamente rígida y puede incluir un dispositivo de mecanizado, un taller, o una mesa configurada para soportar la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas. Además, la base 202 de sistema puede estar configurada para soportar la sección 120 de cilindro. Sin embargo, el sistema 200 de perforación puede proporcionarse en una realización alternativa en la que la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas se soportan por una estructura que se ubica de manera independiente de la sección 120 de cilindro.

La figura 6 es una ilustración en perspectiva de la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas colocadas en la base 202 de sistema y montadas en una cercanía relativamente próxima una con respecto a otra de manera que la sección 120 de cilindro circunscribe la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas cuando la sección 120 de cilindro está montada en la base 202 de sistema. Aunque se muestran cuatro (4) unidades 208 de perforación robóticas, puede proporcionarse cualquier número. Las unidades 208 de perforación robóticas están montadas en conjunto. Las unidades 208 de perforación robóticas incluyen una base 212 de unidad de perforación (figura 7). Las bases 212 de unidad de perforación (figura 7) pueden estar montadas en la base 202 de sistema en una disposición 206 circular (figura 8) de manera que cuando la sección 120 de cilindro está montada en la base 202 de sistema, cada una de las bases 212 de unidad de perforación (figura 7) se coloca sustancialmente a la misma distancia de la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro.

La figura 7 es una vista lateral de una realización del sistema 200 de perforación. La sección 120 de cilindro, mostrada en líneas fantasma, puede soportarse en un dispositivo 204 o múltiples dispositivos 204. Los dispositivos 204 pueden comprender separadores dimensionados y configurados para colocar la sección 120 de cilindro en una ubicación vertical que es complementaria con respecto a la capacidad de movimiento de los efectores 234 finales de perforación de las unidades 208 de perforación robóticas. A este respecto, los dispositivos 204 pueden estar configurados de manera que los efectores 234 finales de perforación pueden formar perforaciones 136 (figura 9) en la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro en cualquier ubicación vertical entre el borde 124 delantero de la sección 120 de cilindro y el borde 126 posterior de la sección 120 de cilindro. Los dispositivos 204 pueden estar comprendidos por un material rígido y pueden configurarse como bloques sencillos (no se muestran) formados por material polimérico o de metal y que pueden acoplarse de manera fija a la base 202 de sistema. Los dispositivos 204 pueden extenderse verticalmente a lo largo de cualquier parte de la altura de la sección de cilindro y horizontalmente a lo largo de cualquier parte de la circunferencia de la sección 120 de cilindro.

La figura 8 es una vista desde arriba del sistema 200 de perforación que ilustra una disposición de las unidades 208 de perforación robóticas. Cada una de las unidades 208 de perforación robóticas incluye un conjunto 210 de brazo robótico que tiene un efector 234 final de perforación montado en un extremo del conjunto 210 de brazo robótico. Las unidades 208 de perforación robóticas pueden estar montadas de manera que las bases 212 de unidad de perforación se colocan adyacentes a un centro del conjunto de las unidades 208 de perforación robóticas. En una realización, el sistema 200 de perforación puede comprender una única unidad 208 de perforación robótica o una pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas. Por ejemplo, el sistema 200 de perforación puede incluir dos (2) o más unidades 208 de perforación robóticas que tienen bases 212 de unidad de perforación que pueden disponerse a una separación predeterminada una con respecto a otra, tal como una separación sustancialmente equiangular una con respecto a otra.

Haciendo referencia aún a la figura 8, la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas puede estar configurada (por ejemplo, programada) para realizar perforaciones 136 (figura 9) dentro de segmentos 142 en arco de la sección 120 de cilindro que son sustancialmente equivalentes. Por ejemplo, para la realización mostrada, la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas pueden comprender cuatro (4) unidades 208 de perforación robóticas. Las bases 212 de unidad de perforación pueden disponerse de manera que las bases 212 de unidad de perforación se colocan a una separación angular de aproximadamente noventa grados una con respecto a otra. En una realización, cada una de las unidades 208 de perforación robóticas puede estar configurada para realizar perforaciones 136 (figura 9) dentro de un segmento 142 en arco de aproximadamente noventa grados en la sección 120 de cilindro. Sin embargo, las unidades 208 de perforación robóticas pueden colocarse en cualquier ubicación una con respecto a otra y pueden configurarse para formar perforaciones 136 (figura 9) en cualquier ubicación circunstancial o cualquier ubicación vertical de la sección 120 de cilindro.

En la figura 8, el efector 234 final de perforación de cada una de las unidades 208 de perforación robóticas puede orientarse, en general, radialmente hacia fuera alejándose de la base 212 de unidad de perforación. Las bases 212 de unidad de perforación pueden colocarse para proporcionar espacio para el movimiento de los conjuntos 210 de

brazo robótico durante el funcionamiento del sistema 200 de perforación. A este respecto, las unidades 208 de perforación robóticas pueden hacerse funcionar simultáneamente en movimiento sincronizado una con respecto a otra de manera que se permite que los efectores 234 finales de perforación perforen simultáneamente una pluralidad de perforaciones 136 (figura 9) en la sección 120 de cilindro. Las unidades 208 de perforación robóticas pueden programarse para evitar colisiones una con respecto a otra y con la sección 120 de cilindro durante el movimiento sincronizado una con respecto a otra.

La figura 9 es una vista lateral de una de las unidades 208 de perforación robóticas que muestra la sección 120 de cilindro soportada en los dispositivos 204 y que ilustra una broca 236 de uno de los efectores 234 finales de perforación que forman las perforaciones 136 en un patrón 140 de orificios predeterminado a lo largo de la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro interior. A este respecto, en una realización, cada una de las unidades 208 de perforación robóticas pueden disponerse en la base 202 de sistema. La sección 120 de cilindro también puede disponerse en la base 202 de sistema tal como con dispositivos 204 para proporcionar medios para que el efector 234 final de perforación forme perforaciones 136 en una tolerancia de posición relativamente pequeña con respecto a una dirección circunferencial (no se muestra) de la sección 120 de cilindro y con respecto a una dirección axial (no se muestra) de la sección 120 de cilindro. Sin embargo, la sección 120 de cilindro y las unidades 208 de perforación robóticas pueden disponerse una con respecto a otra por otros medios, y no se limitan, necesariamente, a disponerse en la base 202 de sistema.

En la figura 9, las unidades 208 de perforación robóticas pueden hacerse funcionar de manera que perforan las perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior de manera que un porcentaje 144 de área abierta en una sección de la lámina 134 frontal interior es diferente del porcentaje 144 de área abierta en otra sección de la lámina 134 frontal interior. A este respecto, las unidades 208 de perforación robóticas pueden programarse para realizar perforaciones 136 para proporcionar un mayor porcentaje 144 de área abierta en una primera sección 148 de la lámina 134 frontal interior con respecto a la realización de perforaciones 136 para proporcionar un menor porcentaje 144 de área abierta en una segunda sección 150 de la lámina 134 frontal interior. Por ejemplo, la segunda sección 150 con un menor porcentaje 144 de área abierta puede ubicarse adyacente a un borde 124 delantero y/o un borde 126 posterior de la sección 120 de cilindro, y la primera sección 148 con un mayor porcentaje 144 de área abierta puede ubicarse en una región interior (no se muestra) de la sección 120 de cilindro interior entre el borde 124 delantero y el borde 126 posterior. Sin embargo, las unidades 208 de perforación robóticas pueden realizar las perforaciones 136 de manera que el porcentaje 144 de área abierta en la lámina 134 frontal interior sea diferente en diferentes secciones circunferenciales (no se muestran) de la sección 120 de cilindro, o el porcentaje 144 de área abierta de la sección 120 de cilindro interior puede variar de manera diferente en comparación con las realizaciones observadas anteriormente.

En la figura 9, una o más de las unidades 208 de perforación robóticas pueden tener un conjunto 210 de brazo robótico de seis ejes que puede permitir la colocación precisa del efector 234 final de perforación en cualquier ubicación y orientación deseadas a lo largo de la lámina 134 frontal interior. Cuando el efector 234 final de perforación se coloca y orienta en una ubicación deseada de una perforación 136, el efector 234 final de perforación puede moverse axialmente para accionar la broca 236 rotatoria para que la lámina 134 frontal interior forme una perforación 136. Alternativamente, el efector 234 final de perforación pueden colocarse en una ubicación deseada de una perforación 136 en la lámina 134 frontal interior, y el efector 234 final de perforación puede accionar axialmente la broca 236 rotatoria a lo largo de una dirección del eje 238 de broca para realizar la perforación 136 en la lámina 134 frontal interior. En una realización, el conjunto 210 de brazo robótico de seis ejes puede incluir un primer brazo 220 que puede unirse a la base 212 de unidad de perforación en una junta 216 de hombro. El primer brazo 220 puede unirse a un segundo brazo 226 en una junta 222 acodada. El segundo brazo 226 puede unirse al efector 234 final de perforación en una junta 230 de muñeca.

En la figura 9, la base 212 de unidad de perforación puede configurarse para rotar alrededor de un eje 214 de base vertical con respecto a la base 202 de sistema. El primer brazo 220 puede configurarse para rotar alrededor de un eje 218 de hombro de la junta 216 de hombro que acopla el primer brazo 220 a la base 212 de unidad de perforación. El segundo brazo 226 puede configurarse para rotar alrededor de un eje 224 acodado de la junta 222 acodada que acopla el segundo brazo 226 con el primer brazo 220. Una parte del segundo brazo 226 también puede configurarse para girar alrededor de un segundo eje 228 de brazo que se extiende a lo largo de una dirección desde la junta 222 acodada hasta la junta 230 de muñeca. El efector 234 final de perforación puede configurarse para rotar alrededor de un eje 232 de muñeca de la junta 230 de muñeca. Además, el efector 234 final de perforación puede configurarse para rotar alrededor de un eje 235 de efector final que puede ser, en general, paralelo al eje 238 de broca. En una realización opcional, el efector final puede configurarse para trasladar linealmente la broca 236 a lo largo de un eje 238 de broca tal como cuando se realiza una perforación 136 en la lámina 134 frontal interior.

En la figura 9, el conjunto 210 de brazo robótico se muestra en una realización de seis ejes. Sin embargo, el conjunto 210 de brazo robótico puede proporcionarse en disposiciones alternativas. Por ejemplo, el conjunto 210 de brazo robótico puede proporcionarse en una realización de 3 ejes (no se muestra), una realización de 4 ejes (no se muestra), o una realización de 5 ejes (no se muestra). Además, el conjunto 210 de brazo robótico puede proporcionarse en una realización que tiene más de seis (6) ejes. Además, el conjunto 210 de brazo robótico puede configurarse como un sistema de control de movimiento (no se muestra), un armazón rígido (no se muestra) que

tiene ejes lineales a lo largo de los que puede moverse el efector final, o cualquier otro tipo de dispositivo de control de movimiento para controlar un efector 234 final de perforación para realizar las perforaciones 136. Además, cada conjunto 210 de brazo robótico puede incluir más de un efector 234 final de perforación. Además, cada efector 234 final de perforación puede tener más de una broca 236 para formar simultáneamente las perforaciones 136.

5 La figura 10 muestra un efector 234 final de perforación que forma una perforación 136 en la lámina 134 frontal interior de una estructura 122 de interposición compuesta de la sección 120 de cilindro interior. Ventajosamente, el sistema 200 de perforación proporciona medios para una colocación rápida y precisa del efector 234 final de perforación para realizar las perforaciones 136 en un patrón 140 de orificios predeterminado (figura 9). Por ejemplo, en una realización, cada uno de los efectores 234 finales de perforación de una unidad 208 de perforación robótica
10 puede configurarse para formar hasta tres (3) o más perforaciones 136 por segundo, por efector 234 final de perforación. En una realización, el efector 234 final de perforación puede estar dotado de una broca 236 configurada para formar perforaciones 136 acústicas que tienen un diámetro de orificio de aproximadamente 0,254 a 2,54 mm (de 0,01 a 0,10 pulgadas), aunque son posibles perforaciones 136 mayores o menores basándose en el diámetro de la broca 236.

15 En la figura 10, para formar perforaciones 136 en una lámina 134 frontal interior compuesta, el efector 234 final de perforación puede configurarse para accionar la broca 236 a una velocidad de alimentación de aproximadamente 51-152 cm por minuto (20-60 pulgadas por minuto), y a velocidades de rotación de entre aproximadamente 20.000 y 40.000 rpm, aunque pueden seleccionarse velocidades de alimentación mayores y menores y velocidades de rotación mayores o menores basándose en el material que se perfora y la composición de la broca 236. La velocidad
20 de alimentación de la broca 236 y la velocidad de rotación de la broca 236 pueden controlarse para minimizar el desgaste de la broca 236, y de manera que las perforaciones 136 puedan satisfacer unas tolerancias apretadas para la redondez y otros parámetros de orificios. Significativamente, cada unidad 208 de perforación robótica está configurada para formar de manera rápida y precisa patrones 140 de orificio (figura 9) a una tolerancia de colocación de centro a centro relativamente pequeña (es decir, perforación a perforación) tal como una tolerancia de colocación de centro a centro de aproximadamente 0,254 mm (0,01 pulgadas) o menos. Sin embargo, la tolerancia de colocación de centro a centro puede ser superior a 0,254 mm (0,01 pulgadas), tal como de hasta aproximadamente 1,27 mm (0,050 pulgadas) o superior.

En la figura 10, uno o más de los efectores 234 finales de perforación puede incluir una unión 240 de vacío para eliminar residuos (no se muestran) tal como polvo y astillas que pueden generarse durante la realización de las perforaciones 136. La unión 240 de vacío puede tener una parte hueca (no se muestra) o abierta (no se muestra) que puede colocarse alrededor de la broca 236 y puede situarse adyacente a o en contacto con la lámina 134 frontal interior cuando la broca 236 entra en contacto con la lámina 134 frontal interior y realiza una perforación 136. La unión 240 de vacío puede incluir un agujero 242 de vacío para conectarse a una fuente de vacío (no se muestra) usando una manguera de vacío (no se muestra) para extraer un vacío 244 en la unión 240 de vacío para extraer
35 residuos (no se muestran) del área que rodea la perforación 136.

En la figura 10, en una realización adicional, el sistema 200 de perforación puede estar dotado de un intercambiador de brocas automático (no se muestra) para cambiar las brocas 236 usando control robótico. De esta manera, las brocas 236 desgastadas pueden sustituirse tras perforar una cantidad predeterminada de perforaciones 136. Por ejemplo, un intercambiador de brocas automático (no se muestra) puede sustituir cada broca 236 tras la perforación
40 en cualquier sitio de aproximadamente 1.000 a 30.000 perforaciones 136, aunque las brocas 236 pueden sustituirse tras perforar una cantidad de perforaciones 136 mayor o menor que el intervalo anteriormente señalado. En función del tamaño (por ejemplo, diámetro y altura) de la sección 120 de cilindro interior y la cantidad total de unidades 208 de perforación robóticas que se usan, cada efector 234 final de perforación puede someterse a de 1 a 20 o más cambios de broca por sección 120 de cilindro.

45 Haciendo una breve referencia a la figura 9, en una realización, los efectores 234 finales de perforación pueden controlarse para realizar perforaciones 136 en un patrón 140 de orificios de hileras verticales (no se muestran) a lo largo de una altura de la sección 120 de cilindro. A este respecto, cada efector 234 final de perforación puede perforar una hilera vertical de perforaciones 136, y el efector 234 final de perforación puede hacerse rotar alrededor del eje 214 de base vertical para permitir que el efector 234 final de perforación perforo otra hilera vertical de perforaciones 136 adyacentes a la hilera vertical anteriormente perforada de perforaciones 136. Los efectores 234 finales de perforación también pueden controlarse para realizar perforaciones 136 en hileras horizontales (no se muestran), o en cualquier otra dirección o combinación de direcciones. Tal como se indicó anteriormente, los conjuntos 210 de brazo robótico pueden hacerse funcionar de manera sincronizada de modo que los efectores 234 finales de perforación se mantienen a una distancia generalmente equiangular uno con respecto a otro durante la perforación simultánea de perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro. Por ejemplo, para un sistema 200 de perforación que tiene cuatro (4) unidades 208 de perforación robóticas, los efectores 234 finales de perforación pueden mantenerse a una separación angular de aproximadamente noventa (90) grados uno con respecto a otro durante la perforación simultánea de perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior.

60 La figura 11 es una vista en sección transversal de una broca 236 del efector 234 final de perforación que forma una perforación 136 en la lámina 134 frontal interior de una estructura 122 de interposición compuesta. En una

realización, el efector 234 final de perforación puede incluir un retén de broca (no se muestra) para controlar una profundidad 138 a la que se extiende la broca 236 en la estructura 122 de interposición compuesta, y minimizar la profundidad 138 de la broca 236 en el material de núcleo 128. Además, un retén de broca (no se muestra) puede estabilizar el efector 234 final de perforación cuando se realiza la perforación 136 para impedir el movimiento lateral de la broca 236 con respecto a la perforación 136, y que, ventajosamente, puede evitar una no adaptación relacionada con la tolerancia de colocación, tolerancia de redondez, u otros parámetros de tolerancia de la perforación 136. En una realización, cada efector 234 final de perforación puede incluir un método de no contacto de medición de la profundidad 138 en el que cada perforación 136 se perfora tal como mediante el uso de un dispositivo láser (no se muestra), un dispositivo ultrasónico (no se muestra), y otros dispositivos de no contacto. La profundidad 138 de perforación también puede controlarse mediante un controlador (no se muestra) que controla el efector 234 final de perforación.

La figura 12 es un diagrama de bloques de una realización de un sistema 200 de perforación. El sistema 200 de perforación incluye una pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas. Cada una de las unidades 208 de perforación robóticas puede incluir un conjunto 210 de brazo robótico tal como se describió anteriormente. Un efector 234 final de perforación se acopla al extremo de cada uno de los conjuntos 210 de brazo robótico de cada unidad 208 de perforación robótica. Las unidades 208 de perforación robóticas pueden hacerse funcionar simultáneamente en movimiento sincronizado una con respecto a otra de manera que los efectores 234 finales de perforación realizan, simultáneamente, una pluralidad de perforaciones 136 en la sección 120 de cilindro.

En la figura 12, la sección 120 de cilindro comprende una sección 120 de cilindro interior de una entrada 114 de motor tal como de un motor 108 de turbina de gas (figura 3), tal como se indicó anteriormente. La sección 120 de cilindro se forma como una estructura 122 de interposición compuesta. La estructura 122 de interposición compuesta puede tener una lámina 132 frontal exterior, un núcleo 128, y una lámina 134 frontal interior que pueden ensamblarse o unirse en conjunto para formar una sección 120 de cilindro interior de entrada de motor de una pieza. El sistema 200 de perforación puede formar de manera rápida y fiable una pluralidad de perforaciones 136 en un patrón de orificios predeterminado de perforaciones 136 (figura 9) en la lámina 134 frontal interior para proporcionar un porcentaje 144 de área abierta predeterminado para que la sección 120 de cilindro interior cumpla requisitos de rendimiento acústicos.

La figura 13 es una ilustración de un diagrama de flujo que incluye una o más operaciones que pueden incluirse en un método 300 de fabricación de una entrada 114 de motor (figura 3). La etapa 302 del método incluye proporcionar una sección 120 de cilindro (figura 3) tal como una sección 120 de cilindro interior (figura 3) de una entrada 114 de motor (figura 3). Tal como se indicó anteriormente, la sección 120 de cilindro interior (figura 3) puede proporcionarse como una estructura 122 de interposición compuesta de una pieza (figura 3). En una estructura 122 de interposición compuesta de este tipo (figura 3), la lámina 134 frontal interior (figura 3) puede estar formada por un material compuesto y la lámina 132 frontal exterior (figura 3) puede estar formada por un material compuesto (por ejemplo, material de matriz polimérica reforzado con fibra). Sin embargo, la lámina 134 frontal interior (figura 3) y/o la lámina 132 frontal exterior (figura 3) pueden estar formadas por un material de metal, o una combinación de material de metal y un material no metálico.

Tal como se indicó anteriormente, el núcleo 128 (figura 3) comprende un núcleo de panal de abeja formado por un material de metal y/o un material no metálico y puede incluir aluminio, titanio, aramida, fibra de vidrio, u otros materiales de núcleo. La sección 120 de cilindro interior (figura 3) de la entrada 114 de motor (figura 3) puede fabricarse como una estructura 122 de interposición compuesta de una pieza (figura 3) formada en un curado de única etapa. Tal como se describió anteriormente, la sección 120 de cilindro (figura 3) puede proporcionarse en un curado de única etapa en el que la lámina 134 frontal interior (figura 3), el núcleo 128 (figura 3), y la lámina 132 frontal exterior (figura 3) pueden estratificarse sobre un mandril de estratificación, tras lo que el calor y/o la presión pueden aplicarse a la estratificación (no se muestra) durante un tiempo predeterminado para curar en una única etapa.

La etapa 304 del método 300 de la figura 13 puede incluir montar y disponer la sección 120 de cilindro interior (figura 7) en una base 202 de sistema (figura 7). A este respecto, la sección 120 de cilindro interior (figura 7) puede soportarse sobre una pluralidad de dispositivos 204 (figura 7) que pueden estar montados en la base 202 de sistema (figura 7). Los dispositivos 204 (figura 7) pueden colocar de manera fija la sección 120 de cilindro interior (figura 7) sobre la base 202 de sistema (figura 7) que puede comprender una mesa (no se muestra), un conjunto (no se muestra), u otra estructura relativamente rígida configurada para soportar la sección 120 de cilindro interior (figura 7) e impedir el movimiento de la misma durante la realización de las perforaciones 136 (figura 9) en la sección 120 de cilindro interior (figura 7).

Tal como se indicó anteriormente, los dispositivos 204 pueden colocarse a intervalos separados alrededor de un perímetro (no se muestra) de la sección 120 de cilindro interior tal como a lo largo del borde 126 posterior (figura 9) o borde 124 delantero (figura 9) de la sección 120 de cilindro interior. Los dispositivos 204 pueden incluir características de disposición mecánicas (no se muestran) para disponer la sección 120 de cilindro interior en los dispositivos 204. Un sistema láser (no se muestra) puede implementarse para ayudar a colocar la sección 120 de cilindro interior con respecto a los dispositivos 204. La sección 120 de cilindro interior puede acoplarse mecánicamente a los dispositivos 204 para sujetar mediante abrazaderas rígidamente la sección 120 de cilindro

interior en su posición.

La etapa 306 del método 300 de la figura 13 puede incluir disponer la pluralidad de unidades de perforación robóticas en la base 202 de sistema (figura 7) tal como se muestra en la figura 7. En una realización, cada una de la pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas (figura 7) tiene una base 212 de unidad de perforación (figura 7) que puede montarse directamente en la base 202 de sistema y disponerse en la base 202 de sistema y/o en los dispositivos 204 (figura 7) que soportan la sección 120 de cilindro interior (figura 7). Las bases 212 de unidad de perforación de las unidades 208 de perforación robóticas pueden montarse en la base 202 de sistema y se ubican en el interior de la sección 120 de cilindro interior tal como se muestra en la figura 7. En una realización adicional, las unidades 208 de perforación robóticas pueden estar soportadas por una estructura (no se muestra) que se ubica separada de la base 202 de sistema y separada de la sección 120 de cilindro. Los efectores 234 finales de perforación se extienden en el interior de la sección 120 de cilindro para realizar las perforaciones 136.

La etapa 308 del método 300 de la figura 13 puede incluir tratar acústicamente la entrada 114 de motor (figura 9) mediante la perforación robótica de una pluralidad de perforaciones 136 (figura 9) en la lámina 134 frontal interior (figura 9) de la sección 120 de cilindro interior (figura 9) de la entrada 114 de motor de la estructura 122 de interposición compuesta (figura 9) tal como tras el curado final de la estructura 122 de interposición compuesta. El método 300 incluye perforar robóticamente la pluralidad de perforaciones 136 en la sección 120 de cilindro interior usando una pluralidad de las unidades 208 de perforación robóticas (figura 9). El método 300 incluye perforar, simultáneamente, la pluralidad de perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior usando los efectores 234 finales de perforación (figura 9) para proporcionar un porcentaje 144 de área abierta predeterminado de la lámina 134 frontal interior. En una realización, cada una de las unidades 208 de perforación robóticas puede incluir un conjunto 210 de brazo robótico (figura 9) configurado como un conjunto de brazo de tres ejes, de cuatro ejes, de cinco ejes o de seis ejes, respectivamente que tiene tres ejes, cuatro ejes, cinco ejes, y seis ejes. Los conjuntos 210 de brazo robótico pueden programarse para mover los efectores 234 finales de perforación de manera sincronizada uno con respecto a otro para realizar las perforaciones 136 a una velocidad relativamente rápida. Por ejemplo, cada uno de los efectores 234 finales de perforación puede configurarse para formar 2-3 o más perforaciones 136 por segundo.

El método 300 (figura 13) incluye realizar las perforaciones 136 (figura 9) en un patrón 140 de orificios predeterminado (figura 9) en la sección 120 de cilindro interior (figura 9) de la entrada 114 de motor (figura 9) que tiene un núcleo 128 de panal de abeja (figura 11). Las unidades 208 de perforación robóticas (figura 9) pueden configurarse para controlar los efectores 234 finales de perforación (figura 9) para realizar las perforaciones 136 normales (por ejemplo, en perpendicular) a la lámina 134 frontal interior (figura 10). Además, las unidades 208 de perforación robóticas se configuran para realizar las perforaciones 136 a una distancia separada con respecto a las paredes 131 de celda (figura 11) del núcleo 128 de panal de abeja. A este respecto, las unidades 208 de perforación robóticas se configuran para realizar una o más perforaciones 136 en cada una de las celdas 130 a una distancia de las paredes 131 de celda para evitar perforar en las paredes 131 de celda. Las unidades 208 de perforación robóticas pueden realizar las perforaciones 136 en un patrón 140 de orificios que puede configurarse de manera complementaria a la geometría y tamaño de las celdas 130 de núcleo 128 de panal de abeja. Por ejemplo, el patrón 140 de orificios (figura 9) puede ser de manera que una perforación 136 (figura 11) se perfora en cada celda 130 (figura 11) tal como en un centro aproximado (no se muestra) de cada celda 130. Sin embargo, el patrón 140 de orificios puede ser de manera que puedan realizarse dos o más perforaciones 136 en cada celda 130 del núcleo 128 de panal de abeja (figura 11).

Las unidades 208 de perforación robóticas (figura 9) pueden configurarse para disponer o colocar el patrón 140 de orificios (figura 9) con respecto a los centros (no se muestran) de la celda 130 (figura 11) o con respecto a las paredes 131 de celda (figura 11) de un núcleo 128 de panal de abeja. Por ejemplo, para un núcleo 128 de panal de abeja que tiene una disposición generalmente uniforme de celdas 130 de igual tamaño y forma, las unidades 208 de perforación robóticas pueden configurarse para establecer una ubicación de una de las paredes 131 de celda con el fin de disponer un patrón 140 de orificios con respecto a las ubicaciones de la celda 130 del núcleo 128 de panal de abeja. Tras establecer la ubicación de una o más paredes 131 de celda, las unidades 208 de perforación robóticas pueden configurarse para perforar el patrón 140 de orificios de perforaciones 136 en la lámina 134 frontal interior del núcleo 128 de panal de abeja de manera que cada perforación 136 se realiza en una ubicación predeterminada en cada celda 130 tal como en un centro (no se muestra) de cada celda 130, o en una ubicación predeterminada o a una distancia 146 separada con respecto a las paredes 131 de celda de cada celda 130. El patrón 140 de orificios también puede ser de manera que se realizan múltiples perforaciones 136 en cada celda 130 y pueden ubicarse a distancias predeterminadas o a distancias 146 separadas de las paredes 131 de celda de cada celda 130.

Ventajosamente, las unidades 208 de perforación robóticas (figura 9) pueden configurarse para formar perforaciones 136 (figura 9) en una tolerancia de colocación relativamente elevada (por ejemplo, 0,254 mm (0,01 pulgadas) en centros) en la separación de orificio a orificio. Además, tal como se indicó anteriormente, cada uno de los efectores 234 finales de perforación (figura 10) puede incluir una unión 240 de vacío (figura 10) configurada para colocarse adyacente a o contra la lámina 134 frontal interior durante la realización de las perforaciones 136. La unión 240 de vacío puede incluir un agujero 242 de vacío (figura 11) que puede acoplarse con una fuente de vacío (no se muestra) por medio de una manguera de vacío (no se muestra) para proporcionar un vacío 244 (figura 10) para succionar polvo, astillas, y otros residuos alejándolos de una ubicación en donde se está realizando una perforación 136.

La etapa 310 del método 300 de la figura 13 puede incluir cambiar periódicamente las brocas 236 (figura 10) de los efectores 234 finales de perforación (figura 10) durante el procedimiento de realización de perforaciones 136 (figura 10) en la sección 120 de cilindro interior (figura 10). En una realización, el método puede incluir cambiar robóticamente las brocas 236 usando un intercambiador de brocas automático (no se muestra). Las brocas 236 pueden sustituirse tras realizar una cantidad predeterminada de perforaciones 136. Por ejemplo, cada broca 236 puede sustituirse tras realizar varios miles o más de perforaciones 136. La frecuencia a la que pueden sustituirse las brocas 236 puede verse afectada por el grosor de la lámina 134 frontal interior (figura 11), la composición del material de la lámina 134 frontal interior, la velocidad de rotación de la broca 236, la velocidad de alimentación de la broca 236, la composición del material de la broca 236, y otros factores. En una realización no mostrada, el método puede incluir detectar cuándo una broca 236 está volviéndose roma, punto en el que el método puede incluir sustituir la broca 236 roma por una broca nueva o afilada (no se muestra).

Ventajosamente, el sistema 200 de perforación (figura 12) y el método dados a conocer en el presente documento se proporcionan para hacer funcionar una pluralidad de unidades 208 de perforación robóticas (figura 12) de una manera sincronizada para formar precisa y rápidamente perforaciones 136 (figura 12) en la lámina 134 frontal interior (figura 12) de una sección 120 de cilindro interior (figura 12) con un elevado grado de repetición. Además, el sistema 200 de perforación proporciona medios para formar perforaciones 136 con una reducción significativa de defectos y labores de revisión asociados comúnmente con los métodos convencionales. A este respecto, el sistema 200 de perforación y el método dados a conocer en el presente documento pueden evitar los defectos anteriormente mencionados de perforaciones perdidas (no se muestran) y/o perforaciones bloqueadas (no se muestran) durante un procesado posterior en un procedimiento de fabricación de sección de cilindro de múltiples etapas (no se muestra), y la reducción asociada del porcentaje 144 de área abierta (figura 9) en la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro interior.

Tal como se indicó anteriormente, el porcentaje 144 de área abierta (figura 9) de la lámina 134 frontal interior es el área total de las perforaciones 136 (figura 9) como un porcentaje del área de superficie (no se muestra) de la lámina 134 frontal interior (figura 9) y es una característica para medir la eficacia global o la capacidad de atenuación acústica de la sección 120 de cilindro interior (figura 9). En la figura 9, las unidades 208 de perforación robóticas (figura 9) pueden hacerse funcionar de manera que se realizan perforaciones 136 para proporcionar un porcentaje 144 de área abierta (figura 9) en una sección de la lámina 134 frontal interior que es diferente del porcentaje 144 de área abierta en otra sección de la lámina 134 frontal interior. Por ejemplo, en la figura 9, una primera sección 148 de perforaciones 136 realizadas en la lámina 134 frontal interior puede tener un mayor porcentaje 144 de área abierta con respecto a una segunda sección 150 de perforaciones 136 que puede ubicarse adyacente a un borde 124 delantero y/o un borde 126 posterior de la sección 120 de cilindro. Sin embargo, tal como se indicó anteriormente, pueden disponerse secciones diferentes (no se muestran) de porcentaje 144 de área abierta de cualquier manera a lo largo de la lámina 134 frontal interior de la sección 120 de cilindro interior (figura 9), y no se limitan a la disposición mostrada en la figura 9 o descrita anteriormente.

Haciendo referencia a las figuras 14-15, pueden describirse realizaciones de la divulgación en el contexto de un método 400 de fabricación y mantenimiento de una aeronave tal como se muestra en la figura 14 y una aeronave 402 tal como se muestra en la figura 15. Durante la producción previa, el método 400 de fabricación y mantenimiento puede incluir especificación 404 y diseño de la aeronave 402 y obtención 406 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 408 de componentes y subconjuntos y la integración 410 de sistema de la aeronave 402. A continuación, la aeronave 402 puede someterse a certificación 142 y suministro con el fin de ponerse en servicio 414. Cuando se encuentra en servicio por un cliente, la aeronave 402 se programa para labores 416 de mantenimiento y servicio rutinarias (que también pueden incluir modificación, reconfiguración, reaprovisionamiento, y así sucesivamente).

Cada uno de los procedimientos del método 400 de fabricación y mantenimiento puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistema principal; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, empresa de alquiler, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

Tal como se muestra en la figura 15, la aeronave 402 producida mediante el método 400 de fabricación y mantenimiento puede incluir un fuselaje 418 con una pluralidad de sistemas 420 y un interior 422. Ejemplos de sistemas 420 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 424 de propulsión, un sistema 426 eléctrico, un sistema 428 hidráulico, y un sistema 430 ambiental. Cualquier número de sistemas adicionales pueden estar incluidos. Aunque se muestra un ejemplo de industria aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria de la automoción.

El aparato y los métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante cualesquiera o más de las etapas del método 400 de fabricación y mantenimiento. Por ejemplo, componentes o subconjuntos correspondientes a la fabricación 408 de componentes y subconjuntos puede fabricarse o realizarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos cuando la aeronave 402 se encuentra en servicio. Asimismo, pueden utilizarse una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas durante

la fabricación 408 de componentes y subconjuntos y la integración 410 del sistema, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblado de o reduciendo el coste de una aeronave 402. De manera similar, pueden utilizarse una o más de las realizaciones del aparato, las realizaciones del método, o una combinación de las mismas mientras que la aeronave 402 se encuentra en servicio, por ejemplo y sin limitación, a labores 416 de mantenimiento y servicio.

5

REIVINDICACIONES

1. Sistema de perforación, que comprende:

5 una pluralidad de unidades (208) de perforación robóticas montadas en un conjunto, teniendo cada unidad (208) de perforación una base (212) de unidad de perforación configurada para colocarse en el interior de una sección (128) de cilindro, sección (128) de cilindro que es una sección de cilindro interior de entrada de motor configurada como una estructura de interposición compuesta que tiene una lámina frontal interior;

teniendo cada una de las unidades (208) de perforación robóticas

10 un efector final de perforación configurado para colocarse en el interior de dicha sección de cilindro; y estando las unidades (208) de perforación robóticas configuradas para poder hacerse funcionar simultáneamente en movimiento sincronizado una con respecto a otra para realizar simultáneamente una pluralidad de perforaciones en la lámina frontal interior usando efectores (234) finales de perforación configurados para proporcionar un porcentaje de área abierta predeterminado de la lámina frontal interior;

en el que:

15 las unidades (208) de perforación robóticas están configuradas para disponer un patrón de orificios de perforaciones en una o más paredes de celda de un núcleo de panal de abeja de la estructura de interposición compuesta y las unidades (208) de perforación robóticas están configuradas para formar el patrón de orificios en la lámina frontal interior de manera que las perforaciones se ubican a una distancia separada de las paredes de celda del núcleo de panal de abeja.

2. Sistema de perforación según la reivindicación 1, en el que:

20 los efectores (234) finales de perforación están configurados para poder colocarse en el interior de una sección de cilindro interior de entrada de motor de una pieza curada en una única etapa.

3. Sistema de perforación de cualquier reivindicación anterior, en el que:

la sección de cilindro y las unidades (208) de perforación robóticas están configuradas para disponerse en al menos un dispositivo (202) para soportar la sección de cilindro.

25 4. Método de fabricación de una entrada de motor, que comprende las etapas de:

proporcionar una sección de cilindro interior de entrada de motor (128) configurada como una estructura de interposición compuesta que tiene una lámina frontal interior;

30 perforar robóticamente una pluralidad de perforaciones en la lámina frontal interior tras el curado final de la estructura de interposición compuesta usando efectores (234) finales de perforación de una pluralidad de unidades (208) de perforación robóticas, teniendo cada unidad de perforación una base (212) de unidad de perforación montada en un conjunto en el interior de la sección de cilindro, en el que las unidades (208) de perforación se hacen funcionar simultáneamente en movimiento sincronizado una con respecto a otra; y

formar la pluralidad de perforaciones en una cantidad que proporciona un porcentaje de área abierta predeterminado de la lámina frontal interior;

35 en el que la etapa de perforar robóticamente la pluralidad de perforaciones comprende:

disponer un patrón de orificios de las perforaciones en una o más paredes de celda de un núcleo de panal de abeja de la estructura de interposición compuesta; y

en el que la etapa de disponer el patrón de orificios incluye:

40 colocar el patrón de orificios de manera que cada perforación se ubica a una distancia separada de las paredes de celda.

5. Método según la reivindicación 5, en el que la etapa de perforar robóticamente la pluralidad de perforaciones comprende:

perforar la pluralidad de perforaciones para proporcionar un porcentaje de área abierta en una sección de la lámina frontal interior que es diferente del porcentaje de área abierta en otra sección de la lámina frontal interior.

45 6. Método según la reivindicación 4 o 5, que comprende, además:

disponer la sección (128) de cilindro interior de entrada de motor y las unidades (208) de perforación robóticas en al menos un dispositivo (202) que soporta la sección de cilindro.

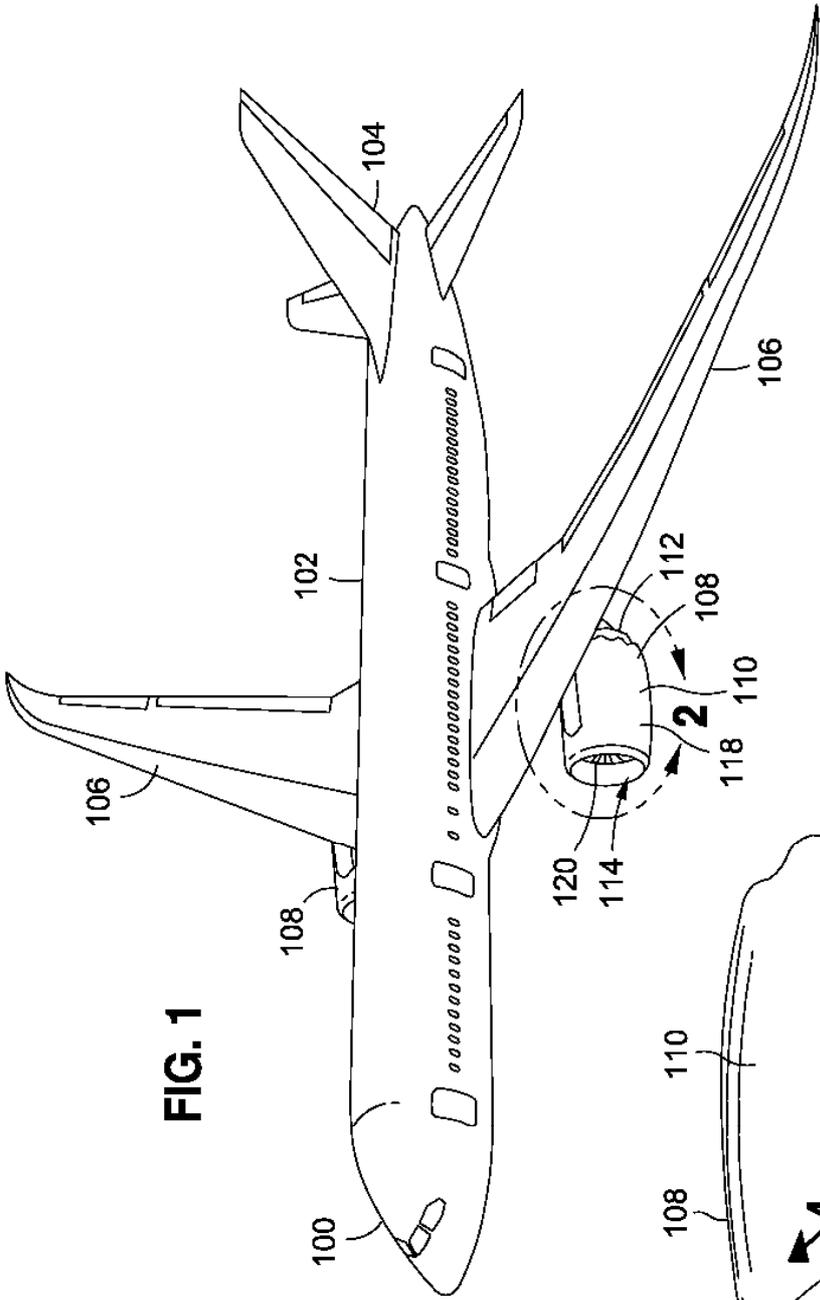


FIG. 1

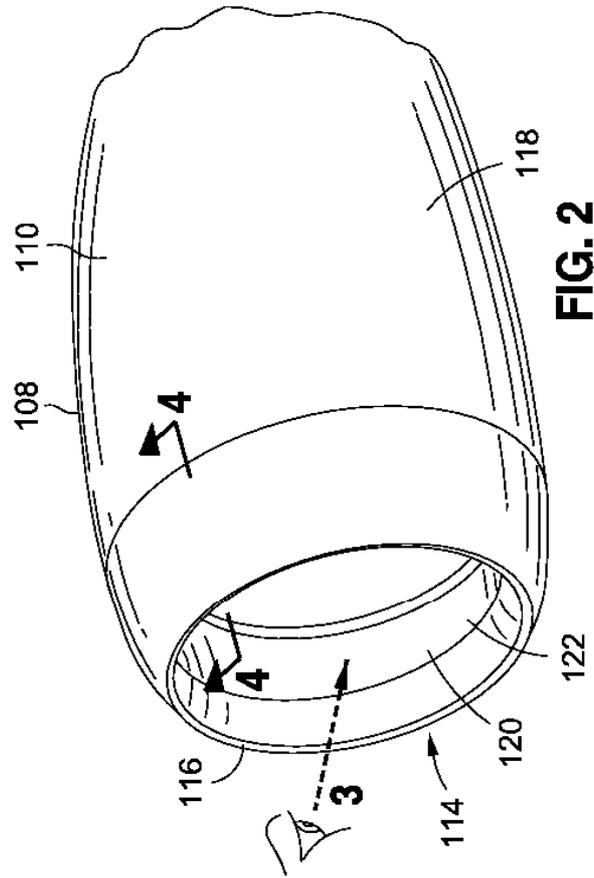


FIG. 2

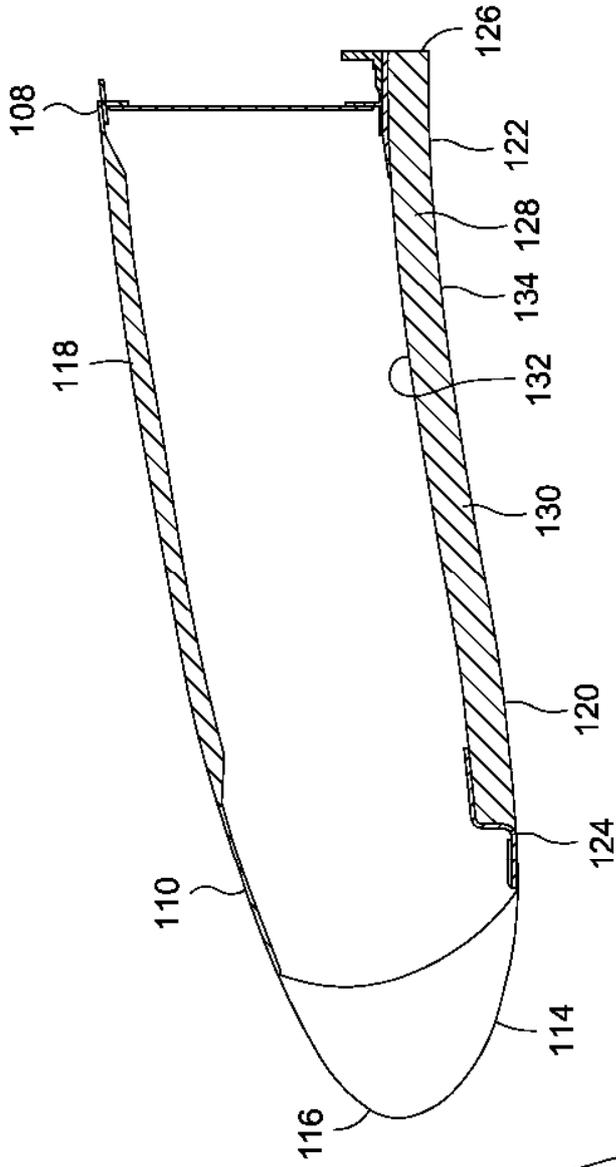


FIG. 4

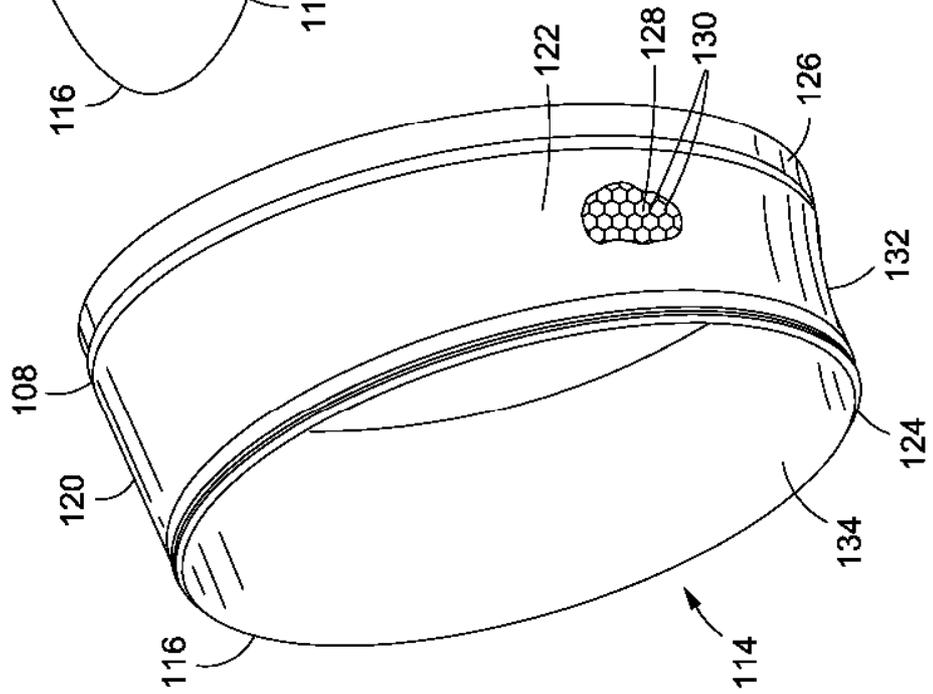


FIG. 3

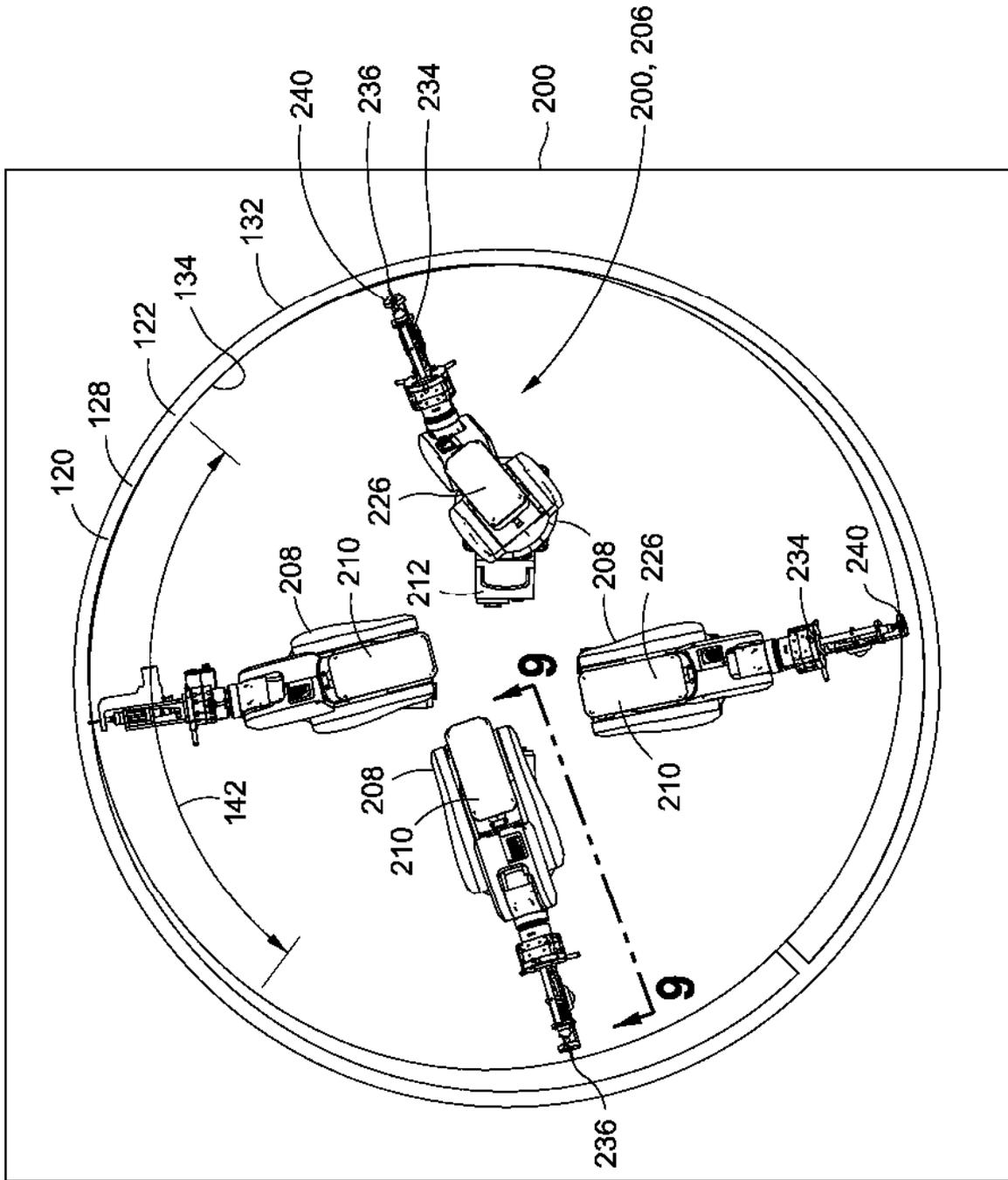


FIG. 8

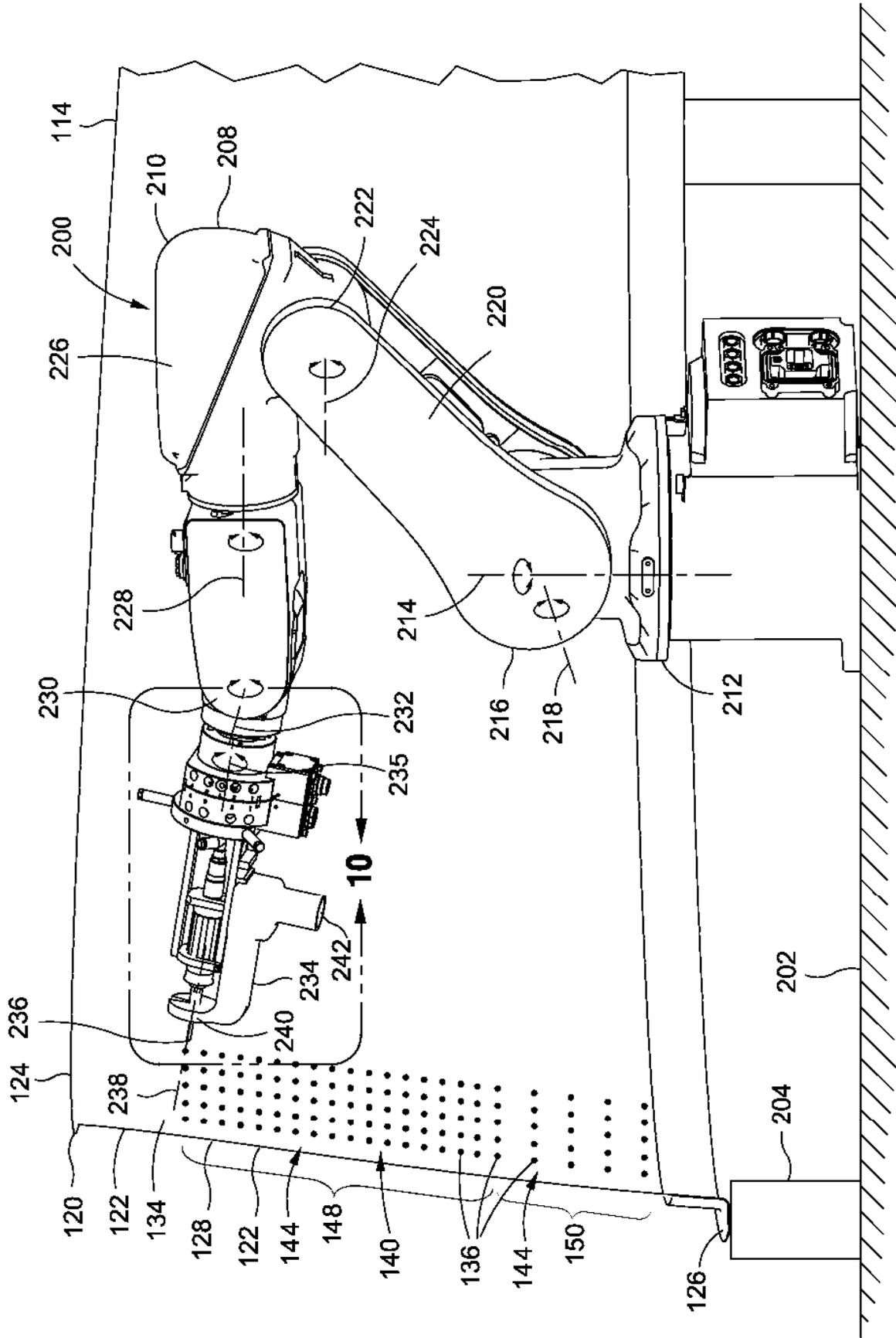


FIG. 9

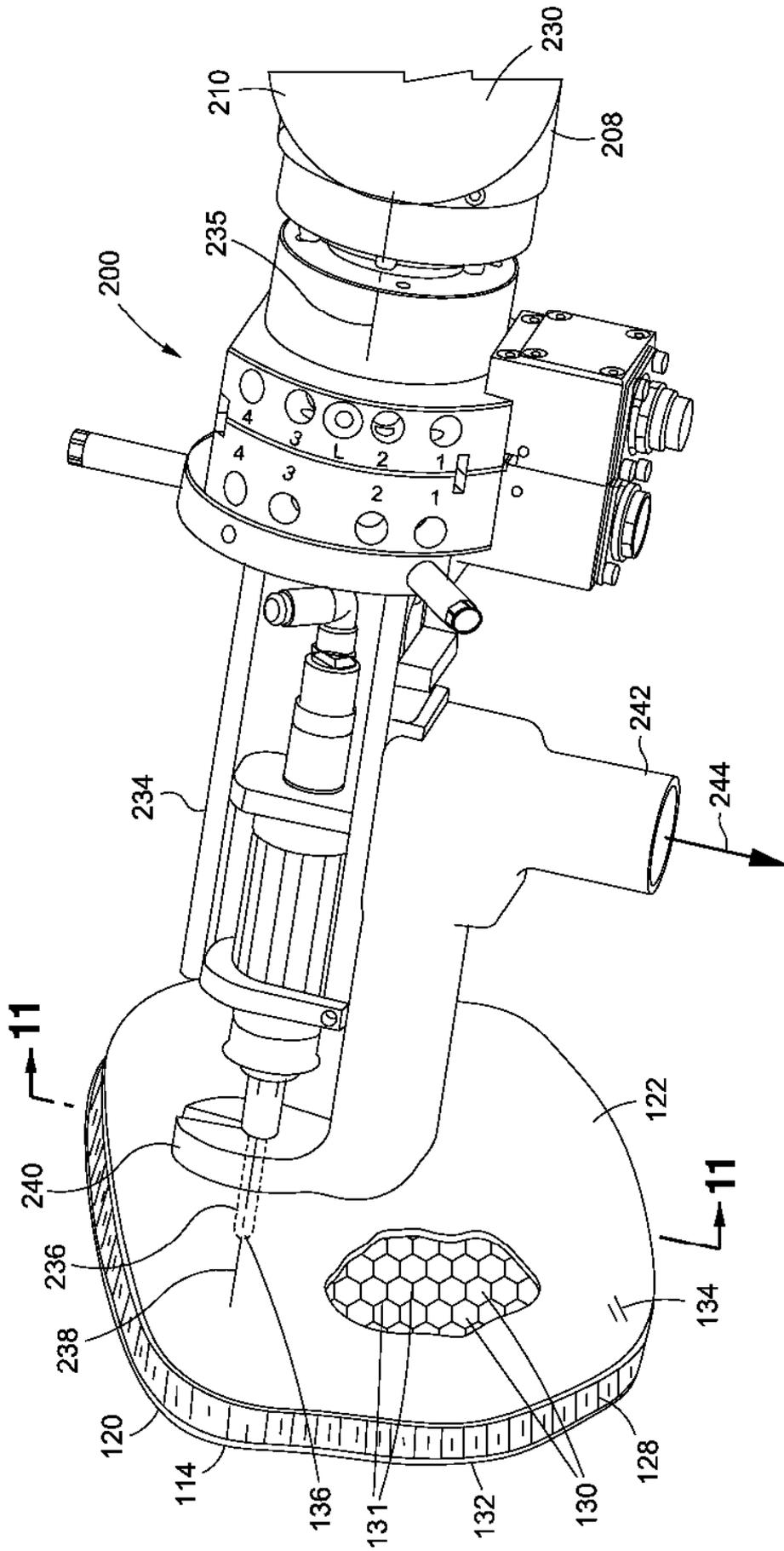


FIG. 10

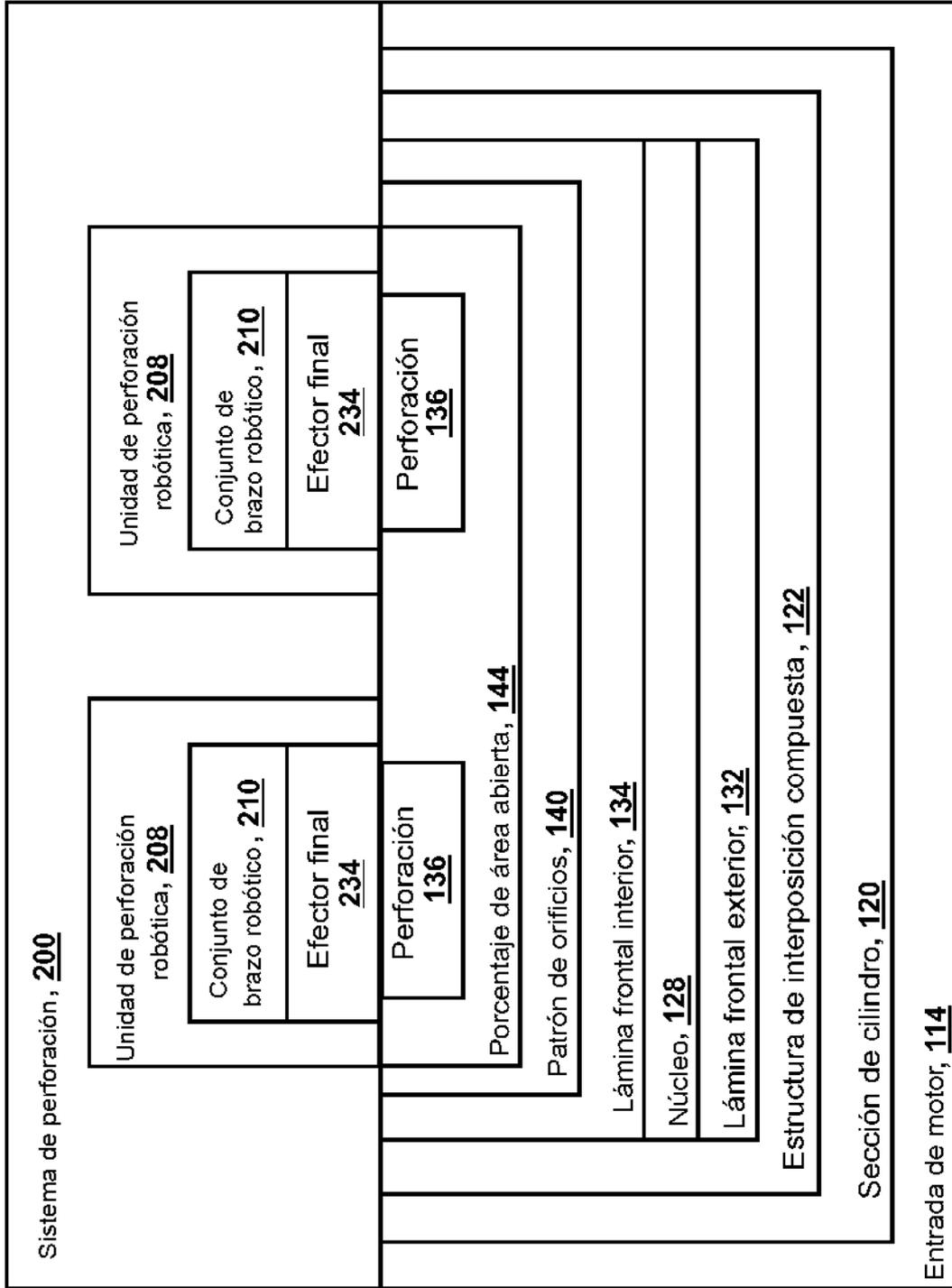


FIG. 12

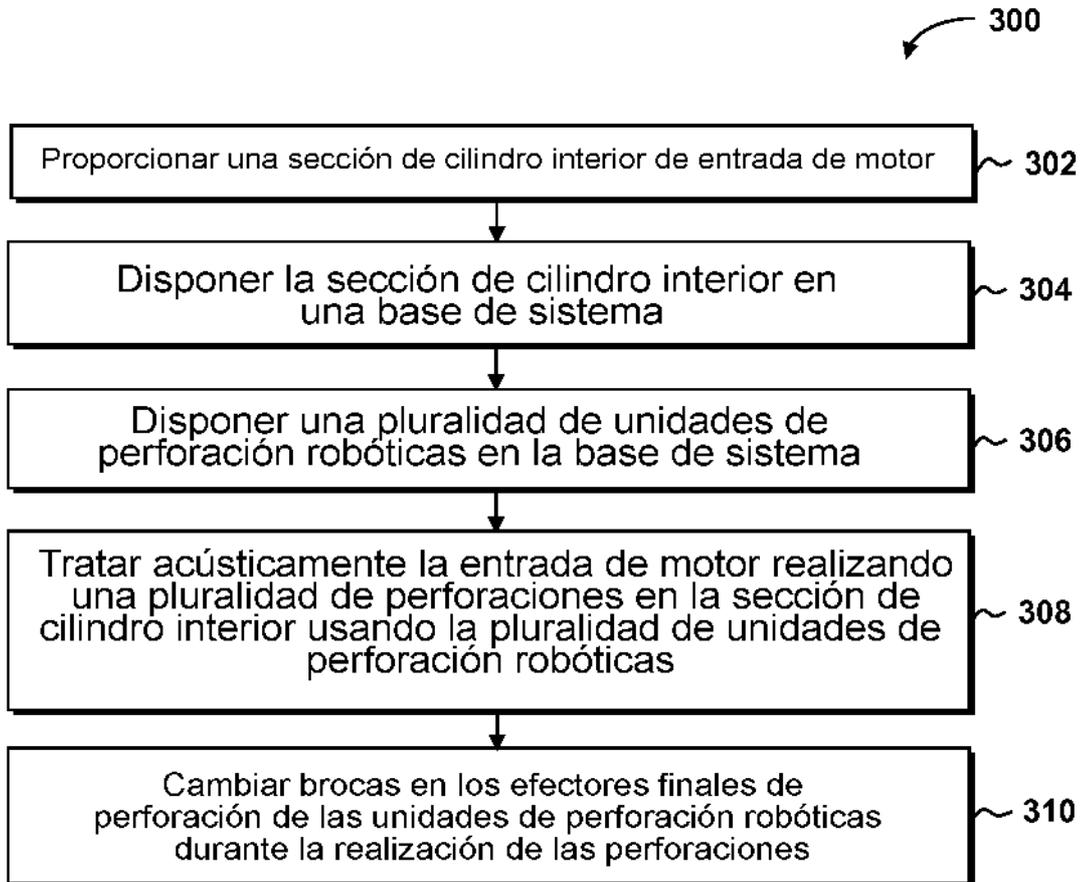


FIG. 13

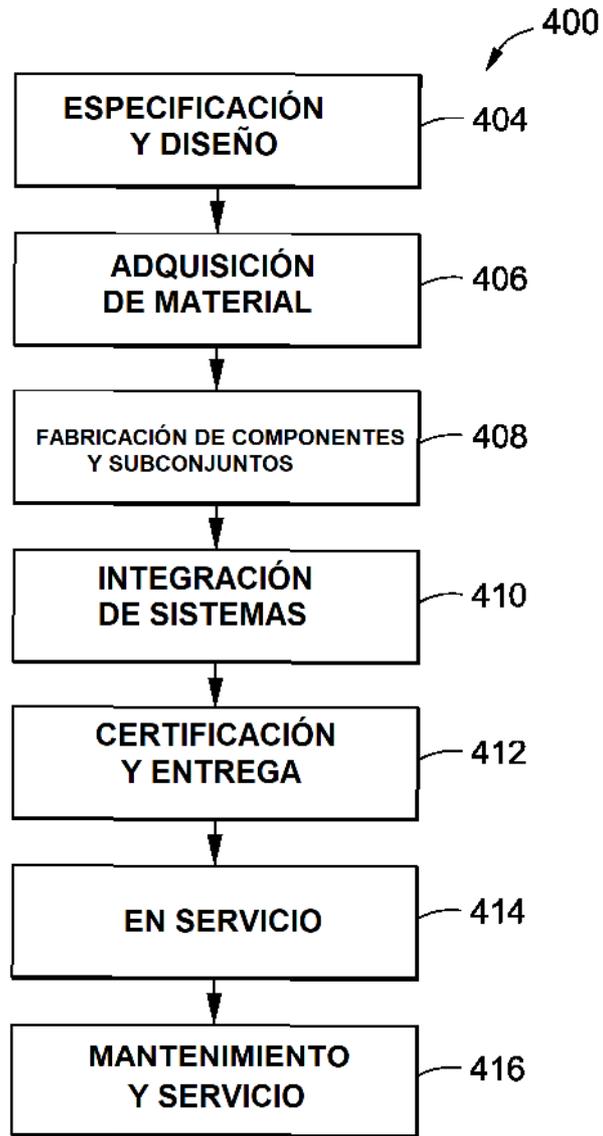


FIG. 14

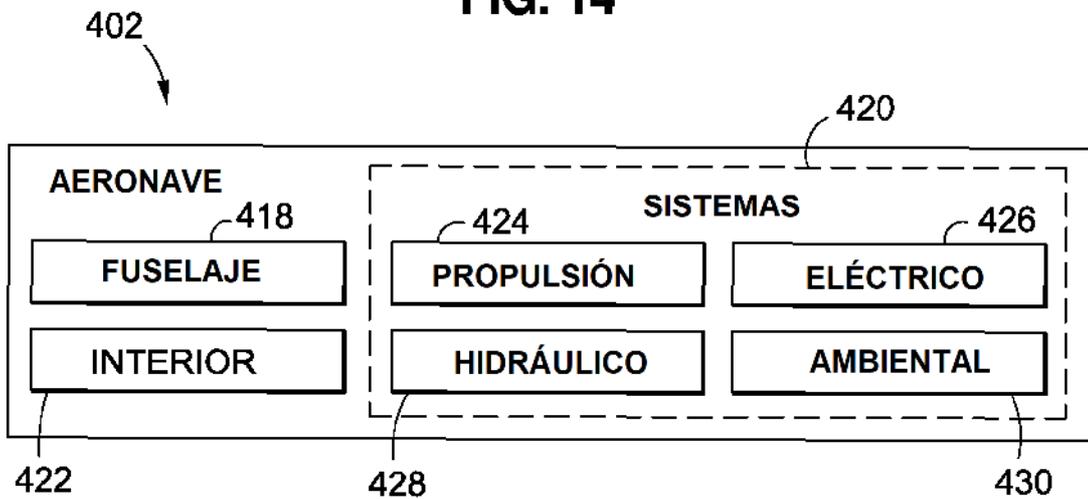


FIG. 15