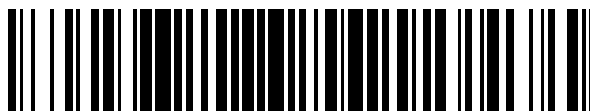


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 206**

51 Int. Cl.:
G01M 5/00 (2006.01)
G01B 5/00 (2006.01)
G01B 21/20 (2006.01)
G01N 29/22 (2006.01)
G01N 29/265 (2006.01)
G01N 29/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **11151274 .5**
96 Fecha de presentación: **18.01.2011**
97 Número de publicación de la solicitud: **2345881**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2011**

54 Título: **Escáner automático de rastreo para la inspección no destructiva de elementos estructurales aeroespaciales**

30 Prioridad:
19.01.2010 US 657424

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.11.2012

73 Titular/es:
THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US

72 Inventor/es:
HAFENRICHTER, JOSEPH L;
GEORGESON, GARY E. y
WOOD, NANCY L.

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 390 206 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

Escáner automático de rastreo para la inspección no destructiva de elementos estructurales aeroespaciales.

5 La presente descripción se refiere en general al campo de la inspección no destructiva de elementos estructurales aeroespaciales, y más particularmente a un aparato de inspección no destructiva que se monta en, y viaja a lo largo de, un elemento estructural aeroespacial, tal como, el aspa de un rotoplano, la hélice de una aeronave, alas auxiliares, secciones de cola estrecha, y el aspa de un aerogenerador, etc., mientras que inspecciona y determina la existencia de defectos y/o daños estructurales.

10 El ensayo no destructivo de estructuras implica examinar minuciosamente una estructura sin dañar la estructura o requerir el desmontaje significativo de la estructura. El ensayo no destructivo es ventajoso para muchas aplicaciones en las que se requiere una inspección completa de la parte exterior y/o interior de una estructura. Por ejemplo, los ensayos no destructivos se utilizan comúnmente en la industria aeronáutica para inspeccionar estructuras de aeronaves para cualquier tipo de daño interno o externo a la estructura. Normalmente se inspecciona la corrosión y/o formación de grietas en las estructuras metálicas de aviones, en particular, cerca de los elementos de fijación de la estructura. Las estructuras compuestas utilizadas en la industria aeroespacial y otras industrias están típicamente inspeccionadas para cualquier tipo de daño que ocurra en cualquier lugar sobre o dentro del material compuesto, incluyendo, pero sin limitarse a la delaminación, erosión, daños por impactos, entrada de agua, falta de adherencia, inclusiones, porosidad, y agrietamiento.

25 Se pueden utilizar varios tipos de sensores para realizar los ensayos no destructivos. Uno o más sensores pueden moverse sobre la parte de la estructura que se tiene que examinar, y recibir datos con respecto a la estructura. , Por ejemplo, un sensor de impulso-eco, fotocélula de transmisión, o de onda de corte se puede utilizar para obtener datos ultrasónicos, tales como, calibración de espesor, detección de defectos laminares y porosidad, y/o detección de grietas en la estructura. Sensores de resonancia, paso/captura o de impedancia mecánicos se pueden utilizar para proporcionar indicaciones de huecos o porosidad, tales como en líneas de unión adhesivas de la estructura. Además, los sensores de corriente de corrientes parásitas individuales o dobles imparten y detectan las corrientes parásitas dentro de una estructura con el fin de identificar grietas y/o corrosión, particularmente en estructuras conductoras metálicas o de otro tipo. Los datos adquiridos por los sensores se procesan normalmente por un elemento de procesamiento, y los datos procesados se pueden presentar a un usuario a través de una pantalla.

35 En muchos casos, las estructuras se deben inspeccionar en el campo porque no es factible o demasiado costoso y requiere mucho tiempo transportar la estructura a un laboratorio fuera de las instalaciones para su inspección. Para las inspecciones de campo rutinarias de las estructuras, los técnicos suelen escanear manualmente las estructuras con un sensor adecuado. El escaneo manual consiste generalmente en un técnico entrenado que sostiene un sensor y que mueve el sensor a lo largo de la estructura para asegurar que el sensor es capaz de someter a ensayo todas las porciones deseadas de la estructura. En muchas situaciones, el técnico debe mover repetidamente el sensor en la dirección a lo largo de la cuerda mientras que indexa simultáneamente el sensor aproximadamente un décimo de pulgada en la dirección en envergadura. Como alternativa, el técnico puede mover repetidamente el sensor en la dirección en envergadura mientras que indexa simultáneamente el sensor aproximadamente una décima parte de una pulgada en la dirección a lo largo de la cuerda. Además, debido a que los sensores no suelen asociar la información de ubicación con los datos adquiridos, el mismo técnico que escanea manualmente la estructura debe mirar también la pantalla del sensor durante el escaneo de la estructura para determinar dónde se encuentran ubicados los defectos, si los hay, en la estructura. Por lo tanto, la calidad de la inspección depende en gran medida del rendimiento del técnico, no sólo con respecto al movimiento del sensor, sino también con respecto a la asertividad del técnico y su interpretación de los datos mostrados. Por lo tanto, el escaneo manual de las estructuras toma mucho tiempo, implica una gran mano de obra, y es propenso a errores humanos. Además, el escaneo manual puede causar problemas de fatiga y/u otro tipo de problemas de salud en los técnicos, tales como trastornos de movimiento repetitivo.

50 Los sistemas de inspección automatizados para inspecciones de campo rutinarias, como el Escáner Automático Móvil (M.A.U.S.), desarrollado por la compañía Boeing, proporciona adquisición automática de datos en un paquete portátil para inspecciones *in situ*. Un tipo de sistema M.A.U.S. se mueve automáticamente a lo largo de la estructura que se evalúa a través de una pista lineal con ventosas de aspiración controladas por succión, otro sistema incluye sensores de manipulados manualmente y un deslizador asociado manualmente movable, y otro adicional utiliza pistas en las el sistema de escaneo se mueve. El sistema M.A.U.S. no sólo analiza la estructura, sino que también procesa los datos relativos a la estructura, y asocia los datos con la ubicación exacta en la estructura en la que se obtuvieron los datos.

60 Aunque el sistema M.A.U.S. es portátil, proporciona rápidas velocidades de inspección, y utiliza numerosos tipos de sensores, tales como los mencionados anteriormente, la pista lineal en la que se mueve limita su uso a estructuras en las que la pista se puede montar en la estructura y no interferir con la zona de inspección. Cuando su pista lineal se conecta a la estructura, no se puede inspeccionar la región por debajo de la pista durante una pasada de escaneo. El sistema M.A.U.S. no es adaptable a estructuras aeroespaciales aerodinámicas longitudinalmente más cortas, tales como aspas de rotoplanos, hélices de aeronaves, alas auxiliares más pequeñas, secciones estrechas

de cola, y aspas de aerogeneradores. Por lo tanto, puede no ser factible utilizar el sistema M.A.U.S. en estructuras aeroespaciales aerodinámicas longitudinalmente más cortas.

5 El M.A.U.S. tampoco puede realizar la inspección ultrasónica por fotocélula de transmisión, por lo que las estructuras que requieren esta modalidad, tal como una estructura de nido de abeja, no se pueden inspeccionar mediante los mismos. Las estructuras aerodinámicas se hacen típicamente de varias capas laminadas, en forma de panel, de espuma, de metal y/o materiales compuestos. Durante las operaciones de vuelo, puede ocurrir un daño en estas estructuras debido un impacto, daños por humedad, erosión de la arena o degradación. Indicios de daños proporcionarán una justificación suficiente para retirar inmediatamente la superficie aerodinámica para su inspección y, si es necesario, reparar la estructura.

15 El mantenimiento de un rotoplano es una tarea engorrosa para los operarios comerciales y militares. Se ha dicho que hay una relación de 10:1 de mantenimiento de horas-hombre con respecto a las horas de operaciones de un rotoplano típico. En la actualidad, los operadores utilizan a menudo la prueba de percusión rudimentaria (moneda o martillo) o los dispositivos de escaneo NDI de manipulación manual para discernir daños en las aspas. Pero la prueba de percusión es cruda y altamente dependiente del operario de tal manera que muchas aspas se desmontan y reparan cuando son aceptables para su uso continuo, y peor aún, algunas aspas que no son aptas para volar pasan la prueba. La prueba de percusión es también muy lenta y manualmente intensiva, no proporciona ninguna imagen de los daños o un registro permanente que se pueda almacenar, imprimir o enviar electrónicamente a un experto remoto para su evaluación. Del mismo modo, dispositivos de escaneo NDI de manipulación manual están limitados por la habilidad del operador como se ha descrito anteriormente.

25 Otra técnica para evaluar el estado de las estructuras aerodinámicas es el escaneo automatizado (entre los que el M.A.U.S. es un subconjunto), pero este tipo necesita pistas u otros soportes, los dispositivos utilizados no son ampliables, y no pueden escanear los bordes principales o áreas altamente contorneadas. Tampoco son capaces de la inspección por fotocélula de transmisión, y pueden requerir que la estructura se retire para que pueda inspeccionarse.

30 Por lo tanto, sería muy deseable disponer de una estación o aparato automatizado que determinase con precisión el nivel de daños en las estructuras aerodinámicas, tales como las aspas de un rotoplano, y eliminar la retirada para la inspección de estos tipos de estructuras aerodinámicas sería un beneficio aún mayor.

Sumario de la descripción

35 En un aspecto de la descripción, un aparato para proporcionar un movimiento automatizado de un sensor de inspección no destructiva (NDI) sobre una superficie de la pieza de trabajo, incluye un alojamiento que tiene porciones delanteras y traseras que acoplan bordes opuestos de la pieza de trabajo y un miembro alargado que interconecta las porciones delanteras y traseras del alojamiento, un mecanismo de empuje que interactúa con una porción de extremo del miembro alargado para empujar las porciones delanteras y traseras una hacia la otra para hacer la pieza de trabajo se sujete firmemente entre las mismas, un brazo acoplado al alojamiento para el movimiento reversible en una primera dirección largo de la longitud del miembro alargado y entre las porciones delanteras y traseras del alojamiento, soportando el brazo el sensor de NDI, y un mecanismo de accionamiento llevado por dicho alojamiento para mover el alojamiento en una segunda dirección perpendicular a la primera dirección sobre la pieza de trabajo, incluyendo el mecanismo de accionamiento al menos un elemento de fricción que acopla un borde principal de la pieza de trabajo y un motor soportado por el alojamiento para el accionamiento del elemento de fricción a lo largo de la superficie. La pieza de trabajo comprende un elemento que tiene una configuración aerodinámica, y el alojamiento incluye además un mecanismo de sensor dispuesto en el borde principal de la pieza de trabajo para crear el acoplamiento por detección con la misma. El mecanismo de sensor dispuesto en el borde principal de la pieza de trabajo comprende una matriz de elementos sensores soportados para el acoplamiento conforme con el borde principal de la pieza de trabajo. El alojamiento está dispuesto por encima de una superficie principal de la pieza de trabajo, e incluye además una varilla de guía montada en la porción delantera, y un elemento deslizante acoplado de manera deslizante con la varilla de guía para el movimiento deslizante a lo largo del mismo, estando el brazo acoplado de forma pivotante al elemento deslizante. Una rueda de codificación se lleva por la porción trasera del alojamiento y tiene una porción acoplable con el borde secundario de la pieza de trabajo, transfiriendo la rueda de codificación la fuerza de empuje al borde secundario de la pieza de trabajo. La rueda de codificación determina la posición en la dirección transversal del aparato sobre la pieza de trabajo. El aparato incluye además un mecanismo de procesador para analizar los datos adquiridos por el sensor de NDI y un dispositivo de visualización para la presentación visual de los datos analizados.

60 En otro aspecto de la descripción, un aparato para proporcionar un movimiento automatizado de un sensor de inspección no destructiva (NDI) sobre las superficies superior e inferior de una pieza de trabajo con un movimiento continuo único incluye un alojamiento superior y un alojamiento inferior, teniendo cada alojamiento porciones delanteras y traseras que acoplan los bordes opuestos de la pieza de trabajo, y un miembro alargado que interconecta las porciones delanteras y traseras, un mecanismo de empuje que interactúa con una porción de extremo del miembro alargado para empujar a las porciones delanteras y traseras una hacia la otra para hacer que la pieza de trabajo se sujete firmemente entre las mismas, un mecanismo de accionamiento transportado por al menos

5 uno de los alojamientos para mover el aparato en una dirección en envergadura sobre la pieza de trabajo, incluyendo el mecanismo de accionamiento al menos un elemento de fricción que acopla un borde principal de la pieza de trabajo y un motor soportado por al menos uno de los alojamientos para el accionamiento del elemento de fricción a lo largo de una de las superficies superior o inferior, una varilla de guía alargada que rodea las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo y está fijada a al menos uno de los alojamientos, un elemento deslizante acoplado a la varilla de guía y que se puede mover a largo de la misma, y un aparato de accionamiento para mover el elemento deslizante a lo largo de la varilla de guía. Las porciones delanteras de los alojamientos superior e inferior están ambas conectadas al mecanismo de accionamiento. El aparato incluye además un sensor de NDI que acopla una superficie de la pieza de trabajo y un brazo alargado conectado entre y al sensor de NDI y el elemento deslizante, el sensor de NDI se mueve a lo largo de las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo en una dirección a lo largo de la cuerda. El sensor de NDI comprende al menos uno de un sensor de impulso-eco, un sensor de onda de corte, un sensor de resonancia, un sensor de impedancia mecánica, y un sensor de corriente parásita. La pieza de trabajo comprende un elemento que tiene una configuración aerodinámica.

15 En otro aspecto adicional de la descripción, un aparato para proporcionar la inspección no destructiva (NDI) simultánea de las superficies superior e inferior de una pieza de trabajo incluye un alojamiento superior y un alojamiento inferior, incluyendo cada un alojamiento porciones delanteras y traseras que acoplan los bordes opuestos de la pieza de trabajo, y un miembro alargado que conecta las porciones de alojamiento delanteras y traseras, un mecanismo de empuje que interactúa con un extremo del miembro alargado para empujar a las porciones delanteras y traseras una hacia la otra para sujetar la pieza de trabajo firmemente entre las mismas, un mecanismo de accionamiento para mover el alojamiento en una dirección en envergadura sobre la pieza de trabajo, incluyendo el mecanismo de accionamiento un elemento de fricción que acopla una superficie de borde principal de la pieza de trabajo y un motor para accionar el elemento de fricción a lo largo de la superficie de borde, un carril de guía montado en una porción del alojamiento y que se extiende en una dirección a lo largo de la cuerda, un elemento sensor de NDI que se acopla al carril de guía para el movimiento en la dirección a lo largo de la cuerda, y un aparato que imparte movimiento para mover el elemento de sensor de NDI sobre la superficie respectiva de la pieza de trabajo, un aparato de motor para accionar cada uno de los alojamientos superior e inferior sobre una superficie respectiva de la pieza de trabajo, y un aparato de acoplamiento para acoplar los alojamientos superior e inferior entre sí, de modo que los alojamientos superior e inferior se mueven simultáneamente en la dirección a lo largo de la cuerda sobre las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo. El sensor de NDI comprende al menos uno de un sensor de impulso-eco, una fotocélula de transmisión, un sensor de onda de corte, un sensor de resonancia, un sensor de impedancia mecánica, y un sensor de corriente parásita. Cada uno de los alojamientos superior e inferior incluye un mecanismo seguidor acoplado con el borde secundario de la pieza de trabajo, conteniendo el mecanismo seguidor un dispositivo de codificación para determinar la ubicación en envergadura del aparato sobre la pieza de trabajo. El aparato incluye además un mecanismo de procesador para analizar los datos adquiridos por el sensor de NDI, y un dispositivo de visualización para la presentación visual de los datos analizados. Al menos uno de los alojamientos superior e inferior incluye, además, una rueda de codificación soportada desde la porción trasera de los mismos, estando la rueda de codificación en acoplamiento con el borde secundario de la pieza de trabajo con el fin de determinar la posición en envergadura del aparato a medida que se mueve a lo largo de la pieza de trabajo. Un mecanismo de sensor está dispuesto en el borde principal de la pieza de trabajo y en acoplamiento con el mismo. El mecanismo de sensor comprende una matriz de elementos de sensores de NDI y un miembro flexible al que los elementos están montados, estando los elementos soportados por el miembro flexible para el acoplamiento conforme con el borde principal de la pieza de trabajo.

45 Otros aspectos del aparato de inspección y el método de uso del aparato se describen en la presente memoria descriptiva. Las características como se han descrito anteriormente, así como otras características y ventajas de la presente descripción serán apreciadas y entendidas por los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos.

50 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de inspección 100 montado sobre una estructura aerodinámica de acuerdo con un primer aspecto de la presente descripción;
 La Figura 2 es una vista en perspectiva del aparato de inspección representado en la Figura 1 montado en una estructura aerodinámica de longitud de cuerda más corta;
 La Figura 3 es una vista en perspectiva de una variación del aparato de inspección representado en la Figura 1;
 La Figura 4 es una vista en perspectiva de otra variante del aparato de inspección de la presente descripción;
 La Figura 5 es una vista en sección transversal que ha tomado una línea de sección A-A en la Figura 4;
 La Figura 6 es una vista esquemática lateral de otra variación del aparato de inspección de la descripción; y
 La Figura 7 es una vista en primer plano del conjunto de escáner del borde principal 180 que se muestra en la Figura 6 dispuesto en el borde principal del elemento estructural 170 que se inspecciona.

65 **Descripción detallada de la descripción**

A continuación, se describirán en mayor detalle las realizaciones de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, se contemplan muchas realizaciones diferentes y la presente descripción no debe interpretarse como estando limitada a las realizaciones expuestas aquí; sino que, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea exhaustiva y completa, y exprese mejor el alcance de la descripción para aquellos expertos en la materia.

En su sentido más amplio, esta descripción presenta un aparato autónomo, auto-propulsado, ampliable y adaptable para la inspección de estructuras aeroespaciales en servicio, tales como aspas de rotooplanos, hélices de aeronaves, alas auxiliares más pequeñas, secciones de cola estrecha y palas de aerogeneradores para daños estructurales "rastreado" a lo largo de la longitud de la estructura utilizando la misma estructura como la pista, y utilizando de mecanismos de sensores de escaneo tales como impulso-eco ultrasónico, matrices de corrientes parásitas, matrices de resonancia, y medidor de unión o sondas de láser, para acceder a las condiciones que se encuentran a medida que el aparato de inspección se mueve a través de la superficie. Las tarjetas pulsadoras/receptoras multiplexadas, y un controlador en un ordenador con software de imágenes, pueden estar cableados a la porción rastreadora expandible del sistema para recoger, representar y almacenar los datos de IND.

Como se observa en la Figura 1, el aparato de inspección 100 incluye una parte delantera del cuerpo 102, una parte trasera del cuerpo 104, y un elemento "intercostal" 150 que interconecta y asegura las partes delanteras y traseras del cuerpo. La parte delantera del cuerpo se coloca en un borde delantero del elemento estructural 170 que se va a inspeccionar, y la parte trasera del cuerpo se coloca en un borde opuesto de la estructura que se va a inspeccionar. La inspección del elemento estructural 170 se lleva a cabo, en parte, por un escáner de registro de datos 112 soportado pivotantemente en un brazo 114 montado en un deslizador 116 sobre una varilla de guía 118. Contenido dentro del escáner de registro de datos 112 habrá una cualquiera de una variedad de sensores de IND para realizar una inspección del elemento estructural tal como se ha descrito anteriormente.

La parte delantera del cuerpo tiene una primera varilla 131 que depende del mismo, en la que se monta un motor de control 132. Una pista de accionamiento 134 está operativamente conectada a y soportada por el motor de control 132, haciendo este último que la pista de accionamiento 134 gire alrededor de una varilla 141 que depende del motor de control a medida que la pista de accionamiento se acopla con el borde principal del elemento estructural 170. Una segunda varilla 142 depende de la parte trasera del cuerpo y lleva una rueda seguidora de codificación 144 en el extremo libre de la misma.

La pista de accionamiento 134 y la rueda de codificación 144 se mantienen contra de, y en contacto por fricción con los bordes principal y secundario, respectivamente, de la estructura que se va a inspeccionar. Esto se consigue mediante una fuerza de compresión (ver flechas de orientación en Figura 1) impartida a las partes delantera y trasera del cuerpo (descritas más adelante). Preferiblemente, la pista de accionamiento está fabricada de un material que se acopla por fricción con el borde principal de la parte estructural que se inspecciona a fin de impartir una fuerza de accionamiento que mueve el aparato de inspección 100 en envergadura a lo largo del elemento estructural 170. Además, la rueda de codificación 144 rastrea la posición lineal del aparato de inspección 100 a medida que se traslada a lo largo del elemento estructural 170. La parte delantera del cuerpo 102 lleva también un conjunto de escaneo del borde principal 180 que soporta un matriz de sensores del borde principal 181 (véase Figuras 6 y 7 y la descripción adjunta).

Se pueden utilizar varios tipos de sensores para realizar pruebas no destructivas. Uno o más sensores pueden moverse sobre la porción de la estructura que se va a examinar, y recibir datos referentes a la estructura. Por ejemplo, un sensor de impulso-eco, fotocélula de transmisión, o de onda de corte puede utilizarse para obtener datos ultrasónicos, tales como mediciones de espesor, detección de defectos laminares y porosidad, y/o detección de grietas en la estructura. Sensores de resonancia, paso/captura o de impedancia mecánica se pueden utilizar para proporcionar indicaciones de huecos o porosidad, tales como en las líneas de unión adhesivas de la estructura. Además, los sensores de corriente de corrientes parásitas individuales o dobles imparten y detectan las corrientes parásitas dentro de una estructura con el fin de identificar grietas y/o corrosión, particularmente en estructuras conductoras metálicas o de otro tipo. Los datos adquiridos por estos sensores se procesan normalmente por un elemento de procesamiento, y los datos procesados se pueden presentar a un usuario a través de una pantalla.

La parte trasera del cuerpo 104 lleva una rueda de codificación 144 que depende de, y está unida a, la parte trasera del cuerpo en una varilla reversiblemente telescópica 142. La rueda de codificación 144 aplica la fuerza de compresión necesaria para mantener el aparato de inspección 100 alineado con los bordes principal y secundario del elemento estructural 170. La fuerza de compresión es generada por un muelle interno o mecanismo generador de compresión (no mostrado) contenido dentro de la parte trasera del cuerpo 104, acoplando tanto la parte trasera del cuerpo como el elemento "intercostal" 150 del aparato 100.

Dentro del conjunto de escaneo del borde principal 180 (véase Figuras 3, 6, y 7), la matriz de sensores del borde principal 181 está soportada de forma cómoda por el bastidor del escáner del borde principal 182 que es ajustable horizontalmente hacia y desde el borde principal del elemento estructural 170 en la varilla de ajuste 184, y verticalmente ajustable en relación con el borde principal del elemento estructural 170 en una segunda varilla de ajuste 186.

Para trasladar el escáner de registro de datos 112 en la dirección de la cuerda a través del elemento estructural 170, se contempla que un motor estará encerrado dentro del deslizador 116 para interactuar con la varilla de guía 118 a través de los engranajes o ruedas de fricción. Como alternativa, la acción en la dirección de la cuerda se puede lograr colocando el motor en la parte delantera del cuerpo 102 y trasladando el deslizador 116 a través de un cable, correa de transmisión, cadena o tornillo de accionamiento.

La Figura 2 muestra el aparato de inspección 100 de la Figura 1 de la presente descripción montado en un elemento estructural 170 de longitud de cuerda más corta que la longitud de cuerda del elemento estructural 170 mostrado en la Figura 1. Como se ha descrito anteriormente, el muelle interno o mecanismo que genera compresión contenido en la parte trasera del cuerpo está configurado para expandirse o contraerse para poder adaptarse a variaciones en la longitud de cuerda. Cuando el muelle interno o mecanismo que genera de compresión provoca que la parte trasera del cuerpo 104 se traslade a lo largo del elemento intercostal 150, el aparato de inspección 100 se expande y contrae efectivamente para acomodar una amplia variedad de longitudes de cuerda del elemento estructural 170, como se ilustra en las Figuras 1 y 2.

La Figura 3 muestra una segunda realización del aparato de inspección 100 de la presente descripción que incluye todos los elementos principales representados en la Figura 1, con la adición de una rueda de accionamiento 122 acoplada operativamente al motor de control 132 que sustituye a la pista de accionamiento 134 que se muestra en la Figura 1, y una rueda seguidora secundaria 124 desplazada en envergadura de y soportada por la parte delantera del cuerpo.

Las Figuras 4 y 5 muestran otro aspecto del aparato de inspección de la descripción en la que se hace posible el escaneo del elemento estructural en casi 360°. Como se observa en la Figura 4, el aparato de inspección 100 incluye una estructura inferior que es especular a la estructura superior. La estructura inferior incluye una parte delantera del cuerpo (oculta por el elemento estructural 170 pero situada por debajo de la parte delantera del cuerpo 102), una parte trasera del cuerpo 104', y un elemento "intercostal" 150' situado por debajo del elemento estructural 170. Los dos elementos de bastidor se colocan sobre, y engloban, el elemento estructural 170. Una varilla de guía continua 166 soporta el deslizador 116 a la que está unido el elemento de escáner NDI 112'. La varilla de guía continua 166 se extiende, con una curvatura exacta gradual, desde la región hacia atrás hasta la región hacia delante del elemento de bastidor superior y, después, con un radio corto se extiende desde la región hacia delante del elemento de bastidor superior hasta la región hacia delante del elemento de bastidor inferior, y luego se extiende hacia la región hacia atrás del elemento de bastidor inferior. El deslizador 166 se traduce en la misma manera como se ha descrito en las Figura 1, 2, y 3.

La Figura 5 es una vista en sección del elemento estructural 170 que se muestra en la Figura 4 con la variante del aparato de inspección 100 que se muestra en la Figura 4, y que representa la trayectoria de desplazamiento del escáner de registro de datos 112 mientras se mueve sobre la superficie de sustentación desde una primera posición de "partida" 202 (por ejemplo, una posición de partida en el borde inferior trasero de la superficie de sustentación) a través de una serie de posiciones intermedias 204-214 (mostradas con líneas discontinuas) cuando se realizan mediciones, hasta una segunda posición "final" 216 (por ejemplo, una posición final en el borde trasero superior del elemento estructural 170).

Las Figuras 6 y 7 son ilustraciones esquemáticas de otro aspecto del aparato de escáner en el que un par de elementos de escáner NDI se transportan, respectivamente, por miembros de bastidor superior e inferior (no mostrados aquí) para permitir la inspección simultánea de las superficies superior e inferior del elemento estructural 170. Una matriz de escáner del borde principal 181, situada en el borde principal del elemento estructural 170, se puede transportar por el bastidor de escáner del borde principal 182. El bastidor de escáner del borde principal 182 puede adoptar la forma de una vejiga expansible, un miembro de espuma, o un miembro de elastómero, que hace que los sensores se ajusten al borde principal del elemento estructural 170. Como alternativa, el bastidor de escáner del borde principal 182 puede incluir una pluralidad de elementos de muelles dispuestos entre la superficie interna del bastidor de escáner del borde principal 182 y las superficies adyacentes de la matriz de escáner del borde principal 181. Otras disposiciones se pueden utilizar también, tales como una serie de pivotes o bisagras, para alinear la matriz de escáner del borde principal 181. Como se muestra por las flechas en la Figura 5, el escáner de registro de datos 112 que se apoya contra las superficies superior, inferior, delantera y trasera del elemento estructural 170 puede moverse en envergadura mientras que el escáner del borde principal se mueve en la dirección en sentido de la cuerda como se desee.

Los datos desarrollados por los elementos sensores 112 o 112', así como por la matriz de escáner del borde principal y los mecanismos de codificación de posición, se alimentan como señales analógicas o digitales a un procesador (no mostrado). La salida resultante del procesador puede entonces enviarse a un dispositivo de visualización, tal como una pantalla dirigida por ordenador o una CRT, permitiendo de ese modo que un operador visualice los resultados que se obtienen. A su vez, esto permite a un operador la oportunidad de hacer los ajustes apropiados en el aparato de escáner para asegurar que se obtenga la información de escaneo deseada.

Aunque la descripción se ha hecho con referencia a una realización preferida, se comprenderá por los expertos en la

materia que se pueden hacer varios cambios y sus equivalentes pueden sustituirse por elementos de la misma sin alejarse del alcance de la presente descripción.

Las realizaciones específicas de la presente descripción incluyen, pero no se limitan a:

5 A. Un aparato para proporcionar un movimiento automatizado de un sensor de inspección no destructiva (NDI) sobre las superficies superior e inferior de una pieza de trabajo con un solo movimiento continuo, que comprende:

10 un alojamiento superior y un alojamiento inferior, teniendo cada alojamiento porciones delanteras y traseras que acoplan los bordes opuestos de la pieza de trabajo, y un miembro alargado que interconecta las porciones delanteras y traseras, un mecanismo de empuje que interactúa con una porción de extremo del miembro alargado para empujar las porciones delanteras y traseras entre sí para hacer que la pieza de trabajo se sujete firmemente entre las mismas,

15 un mecanismo de accionamiento transportado por al menos uno de dichos alojamientos para mover el aparato en una dirección en envergadura sobre la pieza de trabajo, incluyendo el mecanismo de accionamiento al menos un elemento de fricción que acopla un borde principal de la pieza de trabajo y un motor soportado por al menos uno de los alojamientos para accionar el elemento de fricción a lo largo de una de las superficies superior o inferior,

20 una varilla de guía alargada que rodea las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo y está fijada a al menos uno de los alojamientos,

un elemento deslizante acoplado a la varilla de guía y movable largo de la misma, y un aparato de accionamiento para mover el elemento deslizante a lo largo de la varilla de guía.

25 B. El aparato de A, en el que las porciones delanteras de los alojamientos superior e inferior están ambas conectadas al mecanismo de accionamiento.

30 C. El aparato de A, y que incluye además un sensor de NDI que acopla una superficie de la pieza de trabajo y un brazo alargado conectado entre y al sensor de NDI y el elemento deslizante, moviéndose el sensor de NDI a lo largo de las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo en una dirección en sentido de la cuerda.

35 D. El aparato de C, en el que el sensor de NDI comprende al menos uno de un sensor de impulso-eco, un sensor de onda de corte, un sensor de resonancia, un sensor de impedancia mecánica, y un sensor de corriente parásita.

E. El aparato de D, en el que la pieza de trabajo comprende un elemento que tiene una configuración aerodinámica.

40 F. Un aparato para proporcionar la inspección no destructiva (NDI) simultánea de las superficies superior e inferior de una pieza de trabajo, que comprende:

un alojamiento superior y un alojamiento inferior,

45 incluyendo cada alojamiento porciones delanteras y traseras que acoplan los bordes opuestos de la pieza de trabajo, y un miembro alargado que conecta las partes de alojamiento delantera y trasera, un mecanismo de empuje que interactúa con un extremo del miembro alargado para empujar a las porciones delanteras y traseras una hacia la otra para sujetar el pieza de trabajo firmemente entre las mismas, un mecanismo de accionamiento para mover el alojamiento en una dirección en envergadura sobre la pieza de trabajo, incluyendo el mecanismo de accionamiento un elemento de fricción que acopla una superficie de borde de principal de la pieza de trabajo y un motor para accionar el elemento de fricción a lo largo de la superficie de borde, un carril de guía montado en una porción del alojamiento y que se extiende en una dirección en sentido de la cuerda, un elemento sensor de NDI que se acopla al carril de guía para el movimiento en la dirección a lo largo de la cuerda, y un aparato que imparte de movimiento para mover el elemento sensor de NDI sobre la superficie respectiva de la pieza de trabajo,

50 aparato de motor para accionar cada uno de los alojamientos superior e inferior sobre una respectiva superficie de la pieza de trabajo, y

55 aparato de acoplamiento para acoplar los alojamientos superior e inferior de modo que los alojamientos superior e inferior se mueven simultáneamente en la dirección de la cuerda a través de las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo.

60 G. El aparato de F, en el que el sensor de NDI comprende al menos uno de un sensor de impulso-eco, una fotocélula de transmisión, un sensor de onda de corte, un sensor de resonancia, un sensor de impedancia mecánica, y un sensor de corriente parásita.

65 H. El aparato de F, en el que cada uno de los alojamientos superior e inferior incluye un mecanismo seguidor acoplado con el borde secundario de la pieza de trabajo, conteniendo el mecanismo seguidor un dispositivo de codificación para determinar la ubicación en envergadura del aparato sobre la pieza de trabajo.

- I. El aparato de F, y que incluye además un mecanismo de procesador para analizar los datos adquiridos por el sensor de NDI, y un dispositivo de visualización para la presentación visual de los datos analizados.
- 5 J. El aparato de F, en el que al menos uno de los alojamientos superior e inferior incluye, además, una rueda de codificación soportada desde la porción trasera de los mismos, empujándose la rueda de codificación en acoplamiento con el borde secundario de la pieza de trabajo con el fin de determinar la posición en envergadura del aparato a medida que se mueve a lo largo de la pieza de trabajo.
- 10 K. El aparato de F, y que incluye además un mecanismo de sensor dispuesto en el borde principal de la pieza de trabajo y que se acopla con el mismo.
- L. El aparato de K, en el que el mecanismo de sensor comprende una matriz de elementos de detección NDI y un miembro flexible en el que se montan los elementos, estando los elementos soportados por el miembro flexible para el acoplamiento conforme con el borde principal de la pieza de trabajo.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para proporcionar un movimiento automatizado de un sensor de inspección no destructiva (NDI) sobre una superficie de la pieza, que comprende:
- 5 un alojamiento que tiene porciones delanteras y traseras que acoplan los bordes opuestos de la pieza de trabajo y un miembro alargado que interconecta las porciones delanteras y traseras del alojamiento, un mecanismo de empuje que interactúa con una porción de extremo del miembro alargado para empujar a las porciones delanteras y traseras una hacia la otra para hacer que la pieza se sujete firmemente entre las mismas,
- 10 un brazo acoplado al alojamiento para el movimiento reversible en una primera dirección a lo largo de la longitud del miembro alargado y entre las porciones delanteras y traseras del alojamiento, soportando el brazo el sensor de NDI, y **caracterizado por que** un mecanismo de accionamiento es transportado por dicho alojamiento para mover el alojamiento en una segunda dirección perpendicular a la primera dirección a través de la pieza de trabajo, incluyendo el mecanismo de accionamiento al menos un elemento de fricción que acopla un borde principal de la pieza de trabajo y un motor soportado por el alojamiento para accionar el elemento de fricción a lo largo de la superficie.
- 15
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la pieza de trabajo comprende un elemento que tiene una configuración aerodinámica, y el alojamiento incluye además un mecanismo de sensor dispuesto en el borde principal de la pieza de trabajo para crear un acoplamiento de detección con el mismo.
- 20
3. El aparato de la reivindicación 2, en el que el mecanismo de sensor dispuesto en el borde principal de la pieza de trabajo comprende una matriz de elementos sensores soportados para el acoplamiento conforme con el borde principal de la pieza de trabajo.
- 25
4. El aparato de la reivindicación 1, y en el que el alojamiento está dispuesto por encima de una superficie principal de la pieza de trabajo, incluyendo además el alojamiento una varilla de guía montada en la porción delantera, y un elemento deslizante acoplado de manera deslizante con la varilla de guía para el movimiento por deslizamiento a largo de la misma, estando el brazo acoplado de forma pivotante al elemento deslizante.
- 30
5. El aparato de la reivindicación 4, y que incluye además una rueda de codificación transportada por la porción trasera del alojamiento y que tiene una porción acoplable con el borde secundario de la pieza de trabajo, transfiriendo la rueda de codificación la fuerza de empuje al borde secundario de la pieza de trabajo.
- 35
6. El aparato de la reivindicación 5, en el que la rueda de codificación determina la posición en envergadura del aparato sobre la pieza de trabajo.
7. El aparato de la reivindicación 1, que incluye además un mecanismo de procesador para analizar los datos adquiridos por el sensor de NDI y un dispositivo de visualización para la presentación visual de los datos analizados.
- 40

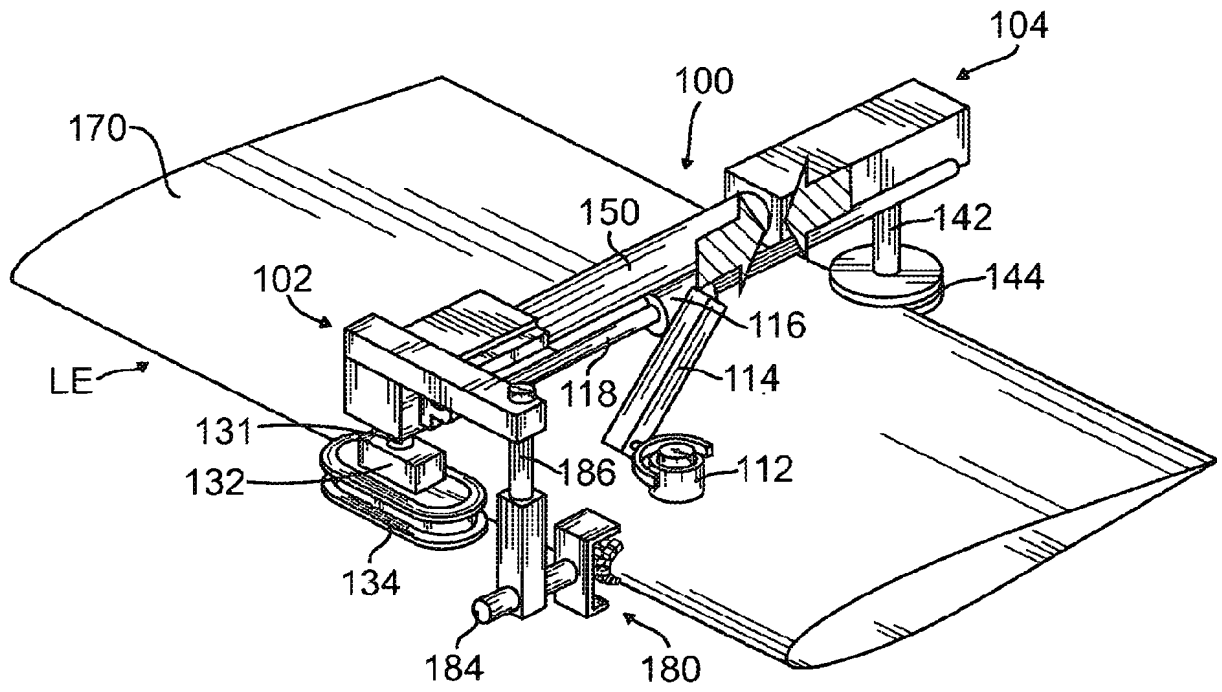


FIG. 1

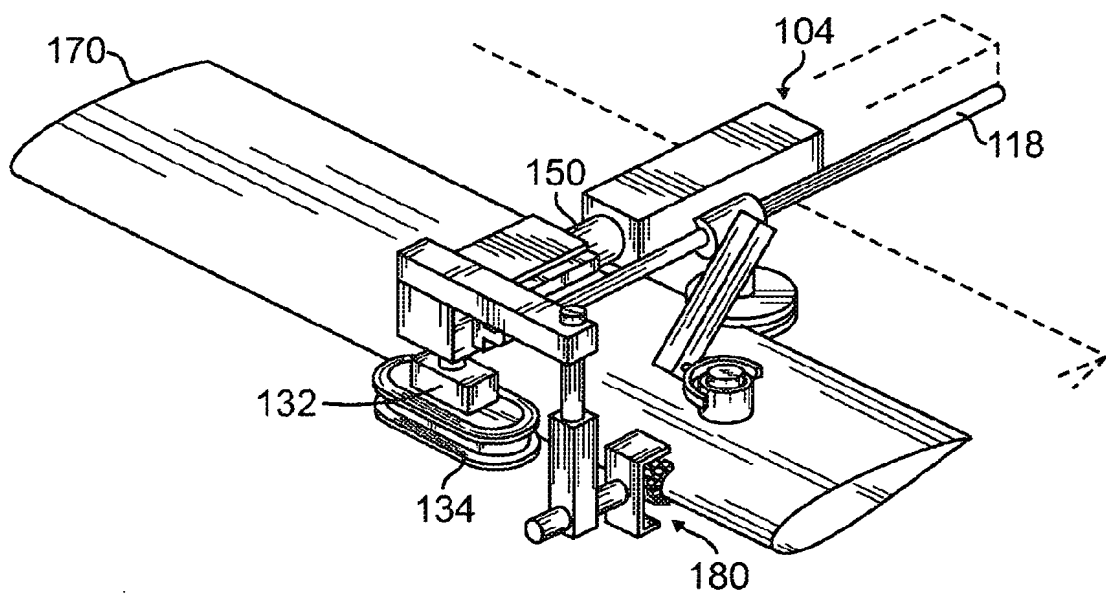


FIG. 2

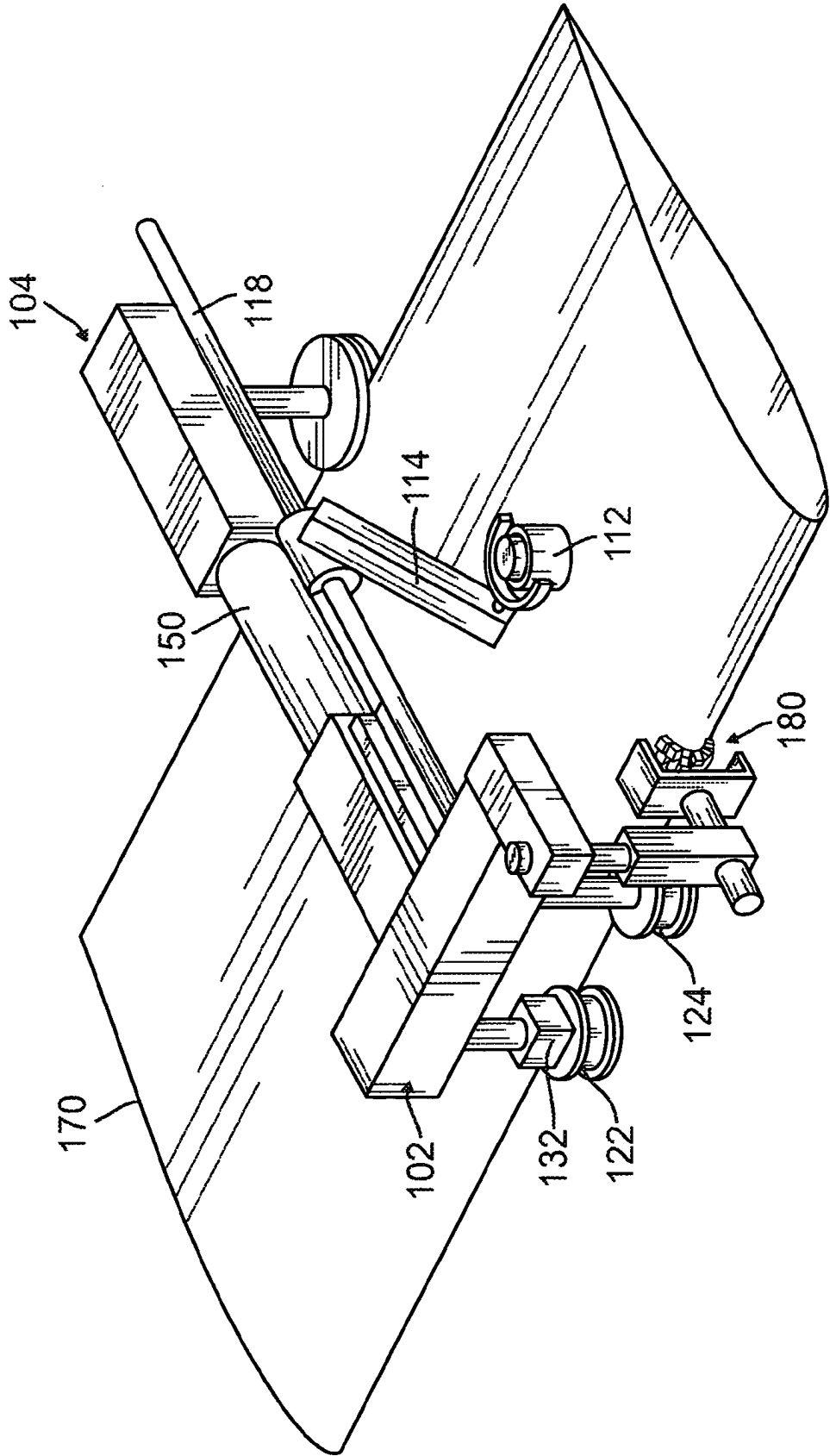


FIG. 3

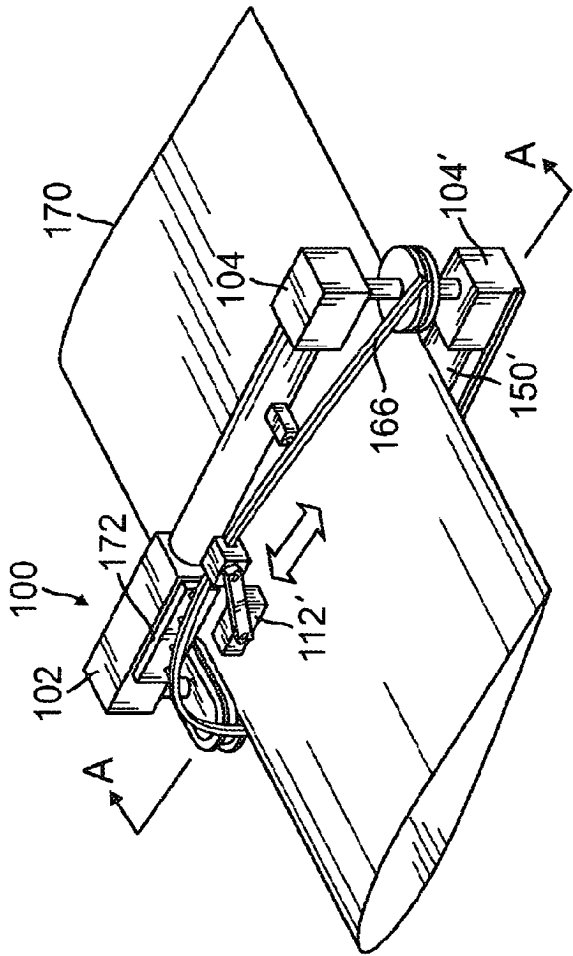


FIG. 4

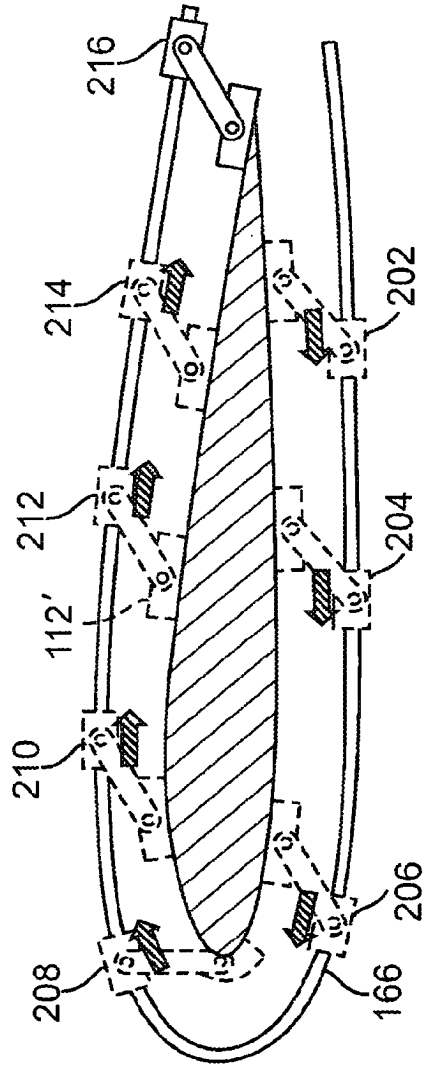


FIG. 5
Sección A-A

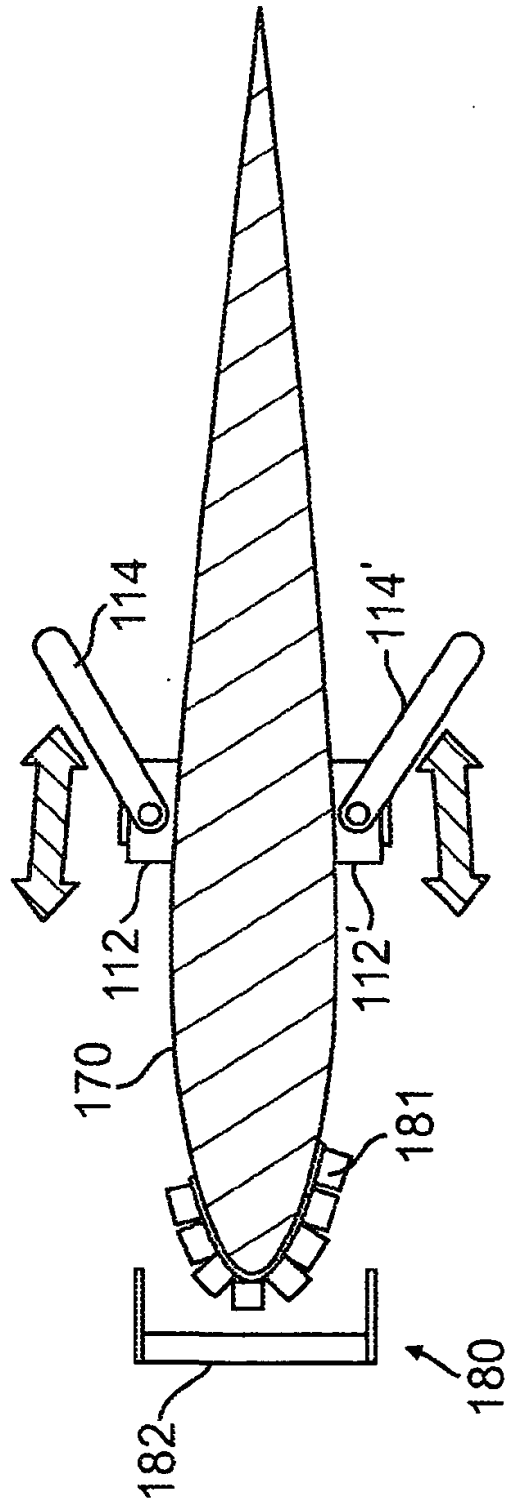


FIG. 6

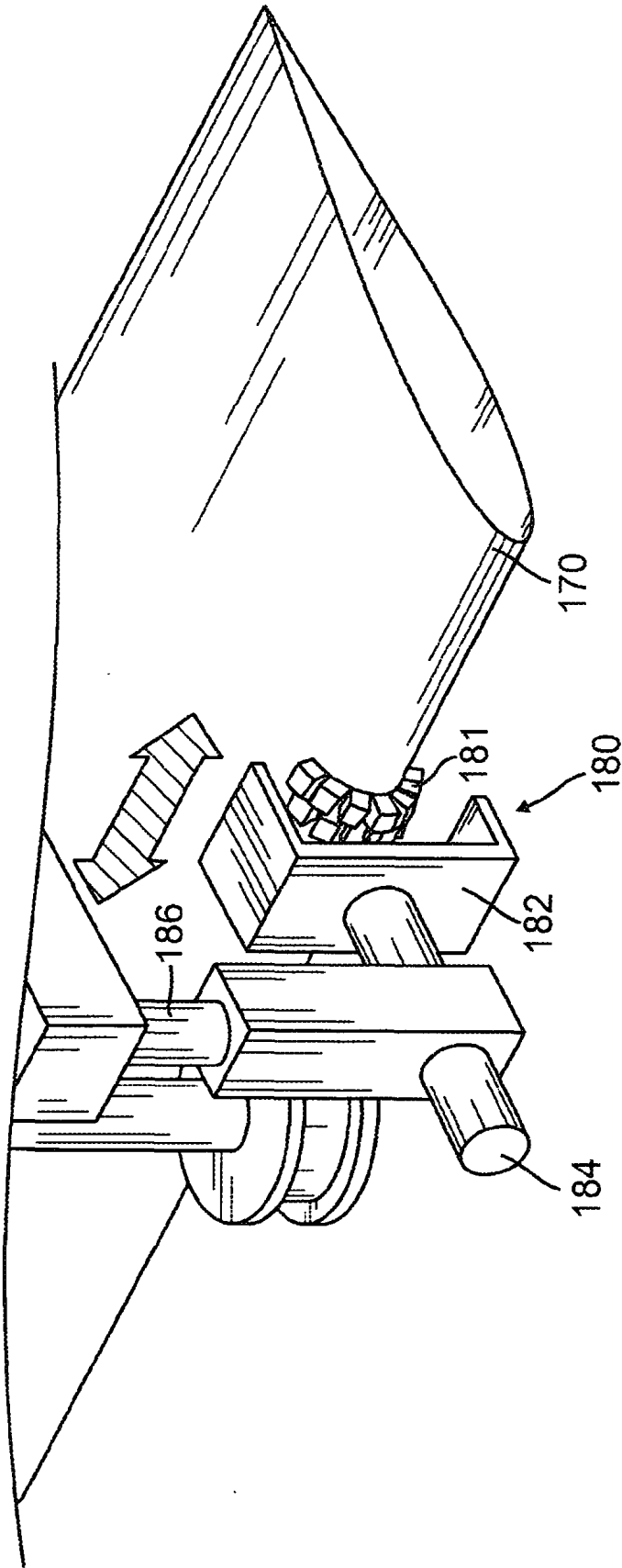


FIG. 7