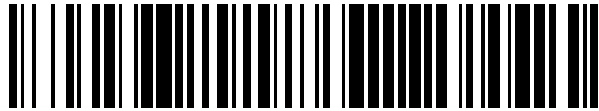


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 347**

51 Int. Cl.:

B64F 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2008** **E 11170887 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013** **EP 2368799**

54 Título: **Método para ajustar conjuntos de piezas**

30 Prioridad:

28.02.2007 US 712058

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

01.10.2013

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**MARSH, BOBBY J;
THOMPSON, MICHAEL W;
VANDERWIEL, THOMAS J y
VANSNOTTER, KINSON D**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 424 347 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

Método para ajustar conjuntos de piezas

5 Campo técnico

Esta invención se refiere, en líneas generales, a los procesos de fabricación usados para unir partes y, con mayor particularidad, a un método para ajustar, alinear y unir conjuntos de piezas grandes y complejas.

Antecedentes

10 Los calzos se usan comúnmente para ajustar y ensamblar partes y accesorios a fin de compensar las variaciones dimensionales. En la industria aeronáutica, los calzos se usan en gran medida para ajustar y unir las secciones del fuselaje, y para acoplar los montajes de alas y cola (ensamblajes de aletas verticales y estabilizadores horizontales) al fuselaje. Los calzos –a veces denominados “placas de relleno”- se usan para llenar los espacios entre los montajes unidos que pueden ser causados por la tolerancia acumulada en las partes. El uso de calzos para llenar los espacios entre las superficies de empalme sobre los conjuntos de piezas crea una aeronave más sólida a nivel estructural. Los calzos también se usan para alinear las partes de manera apropiada.

20 El diseño y la fabricación de calzos únicos para cada aeronave pueden conformar un proceso que lleva tiempo y requiere de gran trabajo. El técnico experimentado debe medir manualmente y registrar cada espacio a fin de determinar las dimensiones y la forma de un calzo particular que ha de llenar el espacio. Las dimensiones registradas se envían luego a un taller de máquinas donde el calzo se fabrica.

25 El proceso de diseño e instalación del calzo descrito en el párrafo anterior puede ralentizar materialmente el montaje de la aeronave, especialmente cuando los montajes son fabricados en diferentes ubicaciones geográficas y son transportados a la ubicación del montaje final. Esto se debe, en parte, al hecho de que los calzos no pueden ser diseñados y fabricados hasta que los montajes se ajusten de manera conjunta en el destino del montaje final de tal manera que el tamaño y la forma de los espacios puedan determinarse.

30 Se han realizado esfuerzos por reducir el tiempo requerido para determinar las dimensiones de los calzos, tal como se ejemplifica en la patente U.S. No. 6.618.505 concedida el 9 de septiembre de 2003 y cedida a Boeing Company. Esta patente del arte previo revela un método y un aparato para determinar la dimensión de un calzo, usando fotogrametría digital para medir el perfil de los espacios que requieren calzos. Las dimensiones de los calzos se calculan sobre la base de las mediciones de los perfiles de los espacios con referencia a un estándar de ingeniería que define un ajuste ideal entre los montajes. Si bien este proceso del arte previo reduce el tiempo necesario para el diseño del calzo, otras mejoras en la eficiencia son posibles.

40 Por consiguiente, existe la necesidad de un método para ajustar y unir conjuntos de piezas en el cual se determine la ubicación y el perfil de los potenciales espacios, y en el cual se ajuste el proceso de fabricación de uno o más de los conjuntos de piezas a ser unidos. La invención está dirigida a satisfacer esta necesidad.

45 El documento de patente EP 0 957 335 se relaciona con un método para ensamblar una aeronave, que incluye determinar una representación tridimensional de una primera estructura de aeronave y una segunda estructura de aeronave usando un dispositivo de posicionamiento óptico. Un empalme predicho de la primera estructura de aeronave y la segunda estructura de aeronave es generado a partir de la representación tridimensional de la primera y la segunda estructura de aeronave usando un procesador. El método además incluye ajustar el empalme predicho de la primera y la segunda estructura de aeronave para reforzar las características de funcionamiento de la aeronave usando el procesador.

50 Los aspectos ilustrativos de la invención proveen un método para diseñar y fabricar automáticamente calzos sin necesidad de unir conjuntos de piezas a fin de determinar las dimensiones exactas de los espacios llenados por los calzos. Las ubicaciones de los accesorios clave sobre los conjuntos de piezas son inspeccionadas usando una técnica fusionada de fotogrametría y rastreo láser que genera las dimensiones de un calzo virtual. Las dimensiones del calzo virtual están contenidas en un archivo digital que se puede usar para fabricar automáticamente el calzo usando equipo de fabricación automatizada tal como un centro de mecanizado CNC. El diseño del calzo virtual automatizado puede ser modificado para reflejar el efecto del ajuste del conjunto de piezas sobre las características de funcionamiento de la aeronave. Por ejemplo, las dimensiones del calzo virtual se pueden ajustar para alterar la incidencia, el barrido o el diedro de las alas con respecto a un fuselaje.

60 De acuerdo con un aspecto ilustrativo de la invención, se provee un método para ajustar dos partes de manera conjunta, que comprende los pasos de: medir la ubicación de un primer conjunto de accesorios sobre una primera parte; medir la ubicación de un segundo conjunto de accesorios sobre una segunda parte; generar un ajuste virtual entre la primera y la segunda parte sobre la base de las mediciones de la ubicación; y generar dimensiones de calzos a ser posicionados entre la primera y la segunda parte basadas en el ajuste virtual generado. La medición de la ubicación de los accesorios se puede realizar usando un proceso tanto de rastreo láser como de fotogrametría.

65 Generar el ajuste virtual puede incluir realizar un ajuste nominal virtual y luego optimizar el ajuste nominal virtual. El ajuste virtual también puede incluir generar modelos informáticos de la primera y la segunda parte y luego comparar

los modelos informáticos para determinar la forma de los espacios que requieren calzos.

De acuerdo con otro aspecto ilustrativo, se provee un método para producir calzos usados para ajustar los conjuntos de piezas de las aeronaves de manera conjunta. El método incluye los siguientes pasos: generar primer y segundo conjunto de datos que respectivamente representan la ubicación de accesorios sobre los primer y segundo conjuntos de piezas; realizar un ajuste virtual entre el primer y el segundo conjunto de piezas usando los primer y segundo conjuntos de datos; analizar las características de la aeronave sobre la base del ajuste virtual; modificar el ajuste virtual sobre la base de los resultados del análisis; generar las dimensiones de al menos un calzo sobre la base del ajuste virtual modificado; y fabricar el calzo usando las dimensiones generadas. Uno de los conjuntos de piezas puede comprender un ala y las características analizadas pueden incluir uno o más del ángulo de incidencia del ala, el ángulo de barrido del ala o el diedro del ala. Las dimensiones generadas del calzo pueden incluir generar un conjunto de datos digitales que representan las dimensiones, y el paso de fabricación puede incluir usar los datos digitales establecidos para controlar una máquina usada para fabricar el calzo. Realizar el ajuste virtual puede incluir proveer un conjunto de datos que representan un ajuste nominal entre el primer y el segundo conjunto de piezas, incluyendo accesorios geométricos clave, y alinear los accesorios geométricos clave del primer y el segundo conjunto de piezas. El ajuste virtual también puede incluir alinear ciertos accesorios en un primer conjunto de accesorios sobre el primer y el segundo conjunto de piezas, y luego realizar un mejor ajuste entre los accesorios en un segundo conjunto de accesorios sobre el primer y el segundo conjunto de piezas.

De acuerdo con otro aspecto ilustrativo adicional, se provee un método para fabricar una aeronave que comprende los siguientes pasos: fabricar un primer conjunto de piezas; generar un primer conjunto de datos que representan la posición de los accesorios sobre el primer conjunto de piezas; fabricar un segundo conjunto de piezas; generar un segundo conjunto de datos que representan la posición de accesorios sobre el segundo conjunto de piezas; realizar un ajuste virtual entre el primer y segundo conjunto de piezas usando el primer y el segundo conjunto de datos; generar las dimensiones de los calzos usados para ajustar el primer y el segundo conjunto de piezas de manera conjunta sobre la base del ajuste virtual; fabricar calzos sobre la base de las dimensiones generadas; y ensamblar el primer y el segundo conjunto de piezas usando los calzos fabricados. El primer y el segundo conjunto de piezas pueden ser fabricados, respectivamente, en una primera y una segunda ubicación geográfica, y el paso de montaje final se puede realizar en una tercera ubicación geográfica. El método también puede incluir los siguientes pasos: analizar las características de la aeronave sobre la base del ajuste virtual y luego modificar el ajuste virtual sobre la base de los resultados del análisis. El paso de realizar el ajuste virtual puede incluir alinear los accesorios en un primer conjunto de accesorios sobre el primer y el segundo conjunto de piezas, y realizar un mejor ajuste entre los accesorios en un segundo conjunto de accesorios sobre el primer y el segundo conjunto de piezas.

La presente invención se establece en las reivindicaciones independientes, mientras que algunos rasgos opcionales se establecen en las reivindicaciones dependientes.

SUMARIO

De acuerdo con la invención, se proporciona un método para fabricar una aeronave, que comprende los siguientes pasos: fabricar un primer conjunto de piezas en un primer proceso de fabricación; generar un primer conjunto de datos que representa la posición de los accesorios sobre el primer conjunto de piezas; fabricar un segundo conjunto de piezas en un segundo proceso de fabricación; generar un segundo conjunto de datos que representan la posición de accesorios sobre el segundo conjunto de piezas; realizar un ajuste virtual entre el primer y segundo conjunto de piezas usando el primer y el segundo conjunto de datos; analizar las características de la aeronave sobre la base del ajuste virtual; modificar el ajuste virtual sobre la base de los resultados del análisis; y alterar al menos uno del primer y el segundo proceso de fabricación sobre la base de los resultados del ajuste virtual modificado, en donde los primeros dos pasos se realizan usando rastreo láser y fotogrametría. El primer y el segundo conjunto de piezas se pueden fabricar en diferentes regiones geográficas.

Otros rasgos, beneficios y ventajas de las formas de realización reveladas serán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones, cuando se observen de acuerdo con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones que siguen.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ILUSTRACIONES

La Figura 1 es una ilustración en vista lateral de dos secciones de fuselaje de aeronave que se ajustan de manera conjunta.

La Figura 2 es una ilustración en vista en planta de un montaje del ala que es ajustado a una sección del fuselaje ilustrado en la Figura 1.

La Figura 3 es una ilustración en perspectiva que muestra un montaje del ala que se ajusta a un fuselaje.

La Figura 4 es una ilustración en diagrama que muestra una sección transversal, donde los componentes principales se unen entre el montaje del ala y el fuselaje ilustrado en la Figura 3.

La Figura 5 es una ilustración en vista lateral de una aeronave que muestra los ajustes potenciales en el ángulo de incidencia del ala usando calzos; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 6 es una ilustración en vista lateral de una sección del fuselaje que muestra puntos de referencia clave usados para ajustar el ángulo de incidencia del ala que se ilustra en la Figura 5; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 7 es una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Figura 6; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 8 es una ilustración en perspectiva de un calzo típico; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 9 es una ilustración en perspectiva de una forma alternativa de un calzo; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 10 es una ilustración en vista en planta que muestra un rango potencial de ajuste en el ángulo de barrido de un ala usando calzos; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 11 es una ilustración seccionada que muestra el acoplamiento de un ala al fuselaje, e ilustra el uso de un calzo; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 12 es una ilustración frontal de una aeronave, que muestra el rango de ajuste del diedro del ala usando calzos; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 13 es una ilustración agrandada de un ala acoplada a un fuselaje, que muestra las posiciones de diedro alternativas del ala, y los puntos de referencia clave usados para ajustar el ángulo de diedro.

La Figura 14 es una vista en perspectiva del extremo interior de un ala y un equipo combinado de rastreo láser/fotogrametría usado para inspeccionar la ubicación de los accesorios sobre el ala.

La Figura 15 es una ilustración agrandada de una sección del ala que se muestra en la Figura 14, que ilustra de mejor manera dos blancos reflectores usados en el proceso de inspección de ubicación de accesorios.

La Figura 16 es un diagrama de bloque de un proceso usado para ensamblar una aeronave, que incluye un método de dimensión de calzo automatizado; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 17 es un diagrama de flujo simplificado de un método y un programa informático usado en el proceso de dimensionamiento de calzo automatizado ilustrado en la Figura 16; sólo con fines ilustrativos.

La Figura 16 es un diagrama de bloque de un proceso usado para ensamblar una aeronave, que incluye un método de dimensión de calzo automatizado.

La Figura 17 es un diagrama de flujo simplificado de un método y un programa informático usado en el proceso de dimensionamiento de calzo automatizado ilustrado en la Figura 16.

La Figura 18 es un diagrama de flujo de un método para ensamblar una aeronave en el cual los conjuntos de piezas están fabricados en diferentes ubicaciones geográficas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Con referencia primero a las Figuras 1-3, las realizaciones de la invención se relacionan con un método y proceso de fabricación para ajustar y unir partes, o conjuntos de piezas. Tal como se usa en la presente, el término "partes" o "conjuntos de piezas" está destinado a incluir un amplio rango de estructuras y componentes que han de ser ajustados y/o unidos de manera conjunta, y pueden comprender partes individuales, conjuntos de piezas o accesorios. El método es particularmente útil para ajustar partes complejas relativamente grandes de conjuntos de piezas en las cuales pueden existir huecos o espacios entre las partes ensambladas que requieren el uso de calzos para llenar estos espacios. En las realizaciones ilustradas, las partes comprenden montajes grandes usados para construir la aeronave; no obstante, ha de entenderse que el método y proceso puede ser empleado para ajustar varios otros tipos de conjuntos de piezas para un amplio rango de aplicaciones.

La aeronave comercial 20 se fabrica típicamente al ensamblar secciones modulares grandes. En la Figura 1, dos secciones de fuselaje 22a, 22b transportadas sobre sistemas elevadores de ruedas 26 se mueven en contacto extremo con extremo y se unen de manera conjunta usando varios tipos de sujetadores y conexiones. Este proceso de unión y acople incluye la necesidad de ajustar ciertas partes de empalme de las dos secciones de fuselaje 22a, 22b de manera conjunta. A causa de las tolerancias acumuladas o "apiladas" en las partes que forman las secciones de fuselaje 22a, 22b, las porciones de empalme de las secciones 22a, 22b pueden no estar ajustadas perfectamente, lo que genera huecos o espacios entre las dos superficies de empalme. Estos espacios deben ser llenados con los calzos anteriormente analizados —que no forman parte de la invención— o el proceso de fabricación de uno o más de los conjuntos de piezas a ser unidos debe ser ajustado con el fin de asegurar que las dos secciones 22a, 22b tengan suficiente integridad estructural en las juntas entre ellas.

Tal como se ilustra en la Figura 2, un montaje del ala a estribor 24 soportado sobre los elevadores de ruedas 26 se mueve en posición de ajuste con una de las secciones de fuselaje 22a. La Figura 3 también muestra el montaje del ala 24 que ha sido movido en posición relativa al fuselaje 22, lista para el acoplamiento. El fuselaje 22 está soportado sobre bastidores estructurales 28 que son móviles a lo largo de una vía de producción en serie 30. El montaje del ala 24 es soportado sobre posicionadores 34 que son capaces de ajustar la posición del montaje del ala 24 a lo largo de las direcciones X (trompa-cola), Y (adentro-afuera) y Z (arriba y abajo) de tal manera que el montaje del ala 24 se posicione en forma apropiada cuando se completa el proceso de acoplamiento. Un rastreador láser 22 o un dispositivo de medición sin contacto similar se usa para evaluar la posición de los puntos de referencia clave sobre el montaje del ala 24 y el fuselaje 22 durante el proceso de ajuste final. Un controlador basado en computadora 38 puede recibir los datos de medición recabados por el rastreador láser 22 y es operativo para controlar los posicionadores 34 durante el proceso de ajuste final.

Si bien no se ilustra específicamente en los dibujos, la aleta vertical y los estabilizadores horizontales (no ilustrados) se ajustan y acoplan al fuselaje 22 de manera similar a la del montaje del ala 24.

El montaje del ala 24 se acopla al fuselaje 22 al extender lateralmente los componentes de empalme del montaje del ala 24 y el fuselaje 22. Estos componentes de empalme, que deben ajustarse de manera conjunta en la alineación

deseada, se ilustran mediante el diagrama de la Figura 4. Los componentes que se extienden lateralmente del fuselaje 22, denominados componentes de "salientes laterales" se ilustran en sombreado a rayas. Los componentes de salientes laterales del montaje del ala incluyen reborde superior 48, reborde inferior 50, herraje terminal del larguero delantero 52 y herraje terminal del larguero trasero 54. Estos componentes de salientes laterales se empalman respectivamente con los componentes del ala que comprenden un panel de ala superior 40, panel de ala inferior 42, larguero delantero del ala 44 y larguero trasero del ala 46.

Las tolerancias acumuladas analizadas en los componentes de empalme en el párrafo anterior son tales que pueden existir huecos entre los dos conjuntos de componentes. Estos huecos permiten el ligero movimiento o ajuste del montaje del ala 24 con relación al fuselaje 22 a lo largo de cualquiera de los ejes: X (trompa-cola), Y (adentro-afuera) y Z (arriba y abajo). En la realización ilustrada en la Figura 4, se presenta un hueco 60 entre el larguero delantero del ala 44 y el herraje terminal del larguero delantero 52. De forma similar, se presenta un hueco 62 entre el reborde inferior 50 y el panel de ala inferior 42. Estos dos huecos 60, 62 requieren la introducción de calzos a fin de llenar los huecos y adecuar la posición final del montaje del ala 24 con relación al fuselaje 22.

Con referencia ahora a las Figuras 5-8, el ángulo de incidencia 64 del montaje del ala 24 depende del ajuste entre los componentes del fuselaje 22 y el montaje del ala 24 analizados anteriormente con referencia a la Figura 4. En un método que no forma parte de la invención, el ángulo de incidencia 64 se puede ajustar durante el proceso de ajuste y acoplamiento final usando calzos 72 para llenar los huecos. Las dimensiones y la forma exactas de los calzos 72 se determinan de acuerdo con un método que será analizado en detalle a continuación; no obstante, a los efectos de esta descripción, se ilustra un calzo plano, de forma rectangular 72 (Figura 8).

El ajuste del ángulo de incidencia 64 del montaje del ala 24 se lleva a cabo usando mediciones de las posiciones de los puntos de referencia, tales como los dos puntos de referencia 66 ilustrados en la Figura 6. Una línea que conecta los puntos de referencia 66 forma un ángulo relativo a la horizontal igual al del ángulo de incidencia 64. La posición relativa de los puntos de referencia se puede medir usando una variedad de técnicas; sin embargo, como será analizado con posterioridad, las técnicas de rastreo láser y/o fotogrametría son particularmente utilizadas para realizar estas mediciones. Los extremos superior e inferior de herraje terminal del larguero trasero 54 son recibidos dentro de cordones trasero superior y trasero inferior 48, 50 respectivamente. Los paneles de salientes laterales superior e inferior 70, 76 están conectados respectivamente a los cordones 48, 50. Una placa de empalme 78 cubre un empalme en el panel inferior de la saliente lateral 76. La parte posterior del herraje terminal del larguero trasero 54 es asegurada a un alma del larguero trasero de la saliente lateral 80.

Los calzos 72 llenan los huecos entre los cordones 48, 50 y el herraje terminal del larguero trasero 54 dependiendo del tamaño de los huecos, y las dimensiones de los calzos 72, el ángulo de incidencia 64 del montaje del ala 24 pueden ser ajustados.

Si bien los calzos planos, de forma rectangular, 72 con frecuencia se usan para ajustar y unir los montajes de aeronave, los calzos 72 pueden tener cualesquiera perfiles, formas y dimensiones diversos. Por ejemplo, tal como se ilustra en la Figura 9, un calzo 72a tiene una forma rectangular en huella, pero está acuñado en la sección transversal.

La Figura 10 ilustra un montaje del ala izquierda en varios ángulos de barrido 67. El ángulo de barrido 67, que es determinado por la medición de los puntos de referencia 66, se puede ajustar usando los calzos 72, donde el espesor del calzo 72 afecta el ángulo de barrido 67.

La Figura 11 muestra el uso de un calzo 72 para conectar los componentes del montaje del ala 24 con el fuselaje 22. El montaje del ala 24 se conecta al fuselaje 22 usando un cordón doble superior 48 y un cordón inferior 50. Los cordones 48, 50 están conectados de manera conjunta a través de un alma 94 y un refuerzo 92. El montaje del ala 24 incluye larguerillos de panel superior e inferior 82, 84 respectivamente. El larguerillo de panel superior 82, que está cubierto por el panel 40, está asegurado a las pestañas sobre el cordón superior 48 por medio de sujetadores 51. El larguerillo de panel inferior 84, que está cubierto por el panel inferior 42, está conectado a través de herrajes de paletas 90 y sujetadores 51 a una pestaña sobre el cordón inferior 50. El fuselaje 22 incluye larguerillos de panel superior e inferior 86, 88 respectivamente. El larguerillo de panel superior 86 está asegurado mediante sujetadores 51 al cordón superior 48. El larguerillo de panel inferior 88 es acoplado mediante un herraje de paletas 90 y sujetadores 51 a una pestaña sobre el cordón inferior 50. Una pestaña sobre el cordón doble superior 48 está asegurada a un larguerillo 98 sobre el fuselaje 22 por medio de sujetadores 53. Un revestimiento de estructura 100 también es asegurado a una pestaña sobre el cordón superior 48, y es reforzado mediante una correa 102.

Tal como se ilustra en las Figuras 12 y 13, los calzos 72 se pueden usar para ajustar el ángulo de diedro 69. Tres posiciones del montaje del ala se ilustran en la Figura 13, respectivamente designadas mediante las referencias numéricas 24, 24a y 24b. El ángulo de diedro 69 se ajusta usando un par de puntos de referencia 66 que definen el ángulo de diedro 69.

Ahora el énfasis está puesto en las Figuras 14 y 15, que ilustran el uso de un equipo de medición sin contacto para medir la posición tridimensional de las partes o accesorios del montaje del ala 24 así como también del fuselaje 22.

La Figura 14 ilustra el uso tanto de un rastreador láser 104 como de un aparato de fotogrametría 106 para medir accesorios tales como los puntos de referencia 66 sobre el montaje del ala 24. En la realización ilustrada, se usa una técnica fusionada de fotogrametría y rastreo láser para determinar la ubicación especial de los blancos del láser, tales como los blancos 66a y 66b ilustrados en la Figura 15. Los dos conjuntos de datos de medición generados por el rastreador láser 104 y el equipo de fotogrametría 106 se cargan en una computadora (no ilustrada) y se combinan usando un programa informático de análisis espacial disponible a nivel comercial.

La técnica fusionada de rastreador láser y fotogrametría mencionada con anterioridad se describe en mayor detalle en la solicitud de patente U.S. No. 11/518.471, presentada el 8 de septiembre de 2006, y cedida a Boeing Company. Algunos de los blancos reflectores, tales como el blanco 66b ilustrado en la Figura 15 pueden ser codificados, al disponer de manera única los cuadrados y puntos reflectores 69 que pueden ser "leídos" por un ordenador para identificar de manera única la posición de los blancos 66b. Por ejemplo, los blancos ubicados de manera única 66b pueden ser empleados para establecer la posición de los puntos de referencia 66 ilustrados en las Figuras 6, 10 y 13. Aquí debería destacarse que, si bien se ha ilustrado una técnica fusionada de rastreador láser/fotogrametría para ubicar los accesorios clave que determinan el ajuste entre el montaje del ala 24 y el fuselaje 22, es posible usar una variedad de tecnologías con contacto y sin contacto diferentes para desarrollar conjuntos de datos digitales que representan la ubicación de partes o accesorios sobre el montaje del ala 24 y el fuselaje 22, en un sistema de coordenadas común.

Ahora se hace referencia a las Figuras 16 y 17 que ilustran los pasos y los diagramas de flujo informáticos relacionados para unir y ajustar conjuntos de piezas complejas grandes, tal como el acoplamiento previamente descrito de las secciones de fuselaje 22a, 22b y los montajes del ala 24. Tal como se ilustra en la referencia numérica 108, el proceso de láser/fotogrametría 108 se usa para medir la posición espacial de las secciones de fuselaje en 114 y el montaje del ala 24 que se ilustra en 116. Se genera un conjunto de datos que define el modelo de configuración del avión en 118. La definición de la configuración 118 comprende esencialmente la información de diseño nominal para la aeronave, con inclusión de datos que pueden incluir tolerancias y rangos para parámetros clave, tales como inclinación, barrido y diedro del ala. Los datos de definición de la configuración 118 se combinan con los datos de posición espacial generados en 118 y –en un método que no forma parte de la invención– se usan en un proceso de dimensionamiento de calzo automatizado 110.

El proceso de dimensionamiento de calzo 110 comienza cuando se realiza una unión nominal virtual en 120. La unión virtual 120 comprende esencialmente un ajuste virtual inicial entre los montajes a ser unidos, usando los datos de definición de la configuración 118. Luego, en el paso 122, el ajuste o la unión virtual inicial realizada en 120 se optimiza, usando nuevamente los datos de definición de la configuración 118. La optimización realizada en 122 puede incluir analizar las relaciones estructurales y aerodinámicas entre varios montajes sobre la aeronave de tal manera que la acción de vuelo sea optimizada dentro de la definición de la configuración del avión 118. Por ejemplo, la inclinación, el barrido y el diedro del montaje del ala 24 se pueden ajustar dentro de ciertos rangos determinados por la definición de la configuración 118 con el objeto de optimizar el funcionamiento de la aeronave. Luego, en un paso que no es parte de la invención, el paso 124, se calculan las mediciones del calzo virtual para determinar el tamaño (dimensiones) y la forma de los calzos necesarios para llenar los espacios o huecos entre los montajes, sobre la base del ajuste optimizado completado en el paso 122.

Los detalles del proceso de dimensionamiento de calzo automatizado 110 se ilustran en la Figura 17. El proceso del ajuste o unión nominal virtual 120 requiere la generación y la carga de modelos de ingeniería para el ajuste del montaje, que comprende datos de ajuste nominal. Los datos de medición generados por el proceso fusionado de láser/fotogrametría 108 (Figura 16) se importan como datos tridimensionales en un programa CAD tal como CATIA en 148. El proceso de ajuste incluye la alineación de accesorios geográficos clave que se fijan típicamente en 150. Los parámetros usados en el proceso de unión virtual son optimizados en 152 a fin de obtener un mejor ajuste. Los datos del ajuste o unión nominal virtual preliminar se usan luego en un proceso para optimizar las relaciones estructurales y aéreas en 122.

El ajuste virtual preliminar se optimiza inicialmente usando los datos de definición de la configuración 118 (Figura 16), lo que genera un conjunto de datos intermedios 156 que luego se analizan en 158. En 160, se determina si los resultados analizados son válidos. Si los resultados son válidos, el ajuste buscado es aceptado y los datos que representan este ajuste se almacenan en 170. No obstante, si los resultados analizados no son válidos, se realiza una determinación en el paso 162 sobre si el ajuste puede ser corregido. Si el ajuste no es corregible, los resultados del ajuste pueden ser emitidos a una autoridad que determine la acción correctiva, tal como el consejo de revisión de fabricación 168. No obstante, si los resultados parecen ser corregibles, los parámetros de optimización se revisan en el paso 164 y se realiza una determinación en el paso 166 sobre si aprobar los parámetros de optimización revisados. Si se obtiene aprobación en el paso 166, la optimización del ajuste se repite en el paso 154 usando los parámetros de optimización revisados.

Cuando se acepta el ajuste en el paso 170, un conjunto de datos se desarrolla y almacena en el paso 174 que comprende datos empíricos sobre el calzo y datos de alineación. Los datos desarrollados en el paso 174 se pueden usar para mejorar el proceso para generar las dimensiones del calzo para futuros montajes y, de manera más importante para la presente invención, para alterar los procesos de fabricación usados para producir conjuntos de

piezas posteriores con el fin de reducir el tamaño o el número de huecos y potencialmente eliminar los huecos, y así eliminar la necesidad de calzos. Los datos de ajuste aceptados se usan para crear modelos de calzos en el paso 172 que se pueden almacenar como modelos de calzos en CAD 176. Los modelos de calzos 176 pueden enviarse automáticamente como archivos de datos digitales al equipo (no ilustrado) tal como un centro de mecanizado CNC que automáticamente mecaniza los calzos 72 a las dimensiones que llenan los huecos sobre la base del ajuste aceptado en el paso 170.

Ahora se hace hincapié en la Figura 18, que ilustra los pasos de ajustar y ensamblar los montajes del ala y el fuselaje que han sido fabricados en diferentes ubicaciones geográficas. El ala es ensamblada en el paso 184, después de lo cual se lleva a cabo una inspección para medir la ubicación de los accesorios sobre el ala ensamblada en el paso 186, usando, por ejemplo, la técnica fusionada de rastreador láser y fotogrametría descrita con anterioridad. En el paso 188, los datos de ubicación de los accesorios se transmiten a una segunda ubicación geográfica 180 donde éstos, junto con otros datos relacionados con la ubicación de accesorios sobre el fuselaje, datos de ingeniería nominal, etc., se cargan en el paso 194. Un ajuste virtual inicial se realiza en el paso 196, después de lo cual el ajuste virtual se optimiza en el paso 198, tal como se describió con anterioridad. Los datos de ajuste virtual optimizados se transmiten nuevamente a la primera ubicación geográfica 178 donde se llevan a cabo las modificaciones al montaje del ala, de ser necesario. En el paso 92, el montaje del ala es transportado a la ubicación del montaje final 180.

En una segunda ubicación geográfica 182, el fuselaje es ensamblado en el paso 204, después de lo cual se lleva a cabo una inspección para medir la ubicación de los accesorios sobre el fuselaje en el paso 206 usando la técnica fusionada de rastreador láser/fotogrametría descrita con anterioridad. En el paso 208, los datos de ubicación inspeccionados se transmiten a la ubicación del montaje final 180 y se usan como parte de los datos cargados en el paso 194 empleados para llevar a cabo el ajuste virtual inicial en el paso 196. La información del ajuste virtual optimizado se transmite nuevamente a la ubicación del montaje del fuselaje 182 donde se usa para llevar a cabo cualquier modificación del fuselaje, de ser necesario. En el paso 212, el montaje del fuselaje se transporta a la ubicación del montaje final 180 sobre la base del ajuste virtual optimizado en el paso 198, los calzos se fabrican en el paso 200, que no forma parte de la invención, que luego se usan para ensamblar el ala y el fuselaje en el paso 202.

A partir de lo anterior, es posible apreciar que montajes complejos y grandes, tales como las alas y el fuselaje de una aeronave, se pueden fabricar en sitios de fabricación diferentes. De acuerdo con un aspecto, que no es parte de la presente invención, los calzos necesarios para ajustar y unir estos montajes se pueden fabricar con anticipación al arribo de los accesorios en el sitio del montaje final 180. Por ende, no es necesario que las mediciones y la generación de datos sobre los calzos se retrasen hasta que los montajes puedan ser físicamente ajustados para determinar el tamaño y la ubicación de los huecos y espacios que necesitan ser llenados con calzos. Por el contrario, la generación de un ajuste virtual optimizado entre los montajes permite que los calzos sean dimensionados y fabricados a fin de llevar a cabo el montaje justo a tiempo en la ubicación del montaje final 180. Aquí debería destacarse que, si bien se ha indicado que la realización de los pasos de cargar los datos 194, realizar el ajuste virtual 196 y optimizar el ajuste en el paso 198 se llevan a cabo en el sitio del montaje final 180, estos pasos se pueden realizar en cualquier ubicación, en cuyo caso las dimensiones de los calzos finales se envían al sitio del montaje final 180 donde los calzos se fabrican en el paso 200.

Si bien las realizaciones de esta invención han sido descritas con respecto a ciertas realizaciones de ejemplo, ha de entenderse que las realizaciones específicas se incluyen con fines ilustrativos pero no limitativos, y que las personas versadas en el arte contemplarán otras variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una aeronave, que comprende los siguientes pasos:

- 5 (A) fabricar un primer conjunto de piezas en un primer proceso de fabricación;
(B) generar un primer conjunto de datos que representan la posición de accesorios sobre el primer conjunto de piezas;
(C) fabricar un segundo conjunto de piezas en un segundo proceso de fabricación;
10 (D) generar un segundo conjunto de datos que representan la posición de accesorios sobre el segundo conjunto de piezas;
(E) realizar un ajuste virtual entre el primer y el segundo conjunto de piezas usando el primer y el segundo conjunto de datos;
(F) analizar las características de la aeronave sobre la base del ajuste virtual realizado en el paso (E);
(G) modificar el ajuste virtual sobre la base de los resultados del paso (F); y
15 (H) alterar al menos uno del primer y el segundo proceso de fabricación sobre la base de los resultados del ajuste virtual modificado;
en donde los pasos (A) y (B) se realizan usando rastreo láser y fotogrametría.

2. El método de la reivindicación 1, en donde:

- 20 los pasos (A) y (B) se realizan en una primera ubicación geográfica, y los pasos (C) y (D) se realizan en una segunda ubicación geográfica.

3. El método de la reivindicación 2, que además comprende los siguientes pasos:

- 25 (I) ensamblar el primer y el segundo conjunto de piezas en una tercera ubicación geográfica.

4. El método de la reivindicación 1, en donde cada uno de los pasos (B) y (D) incluyen realizar medición sin contacto de la ubicación de los accesorios.

30 5. El método de la reivindicación 1, que además comprende los siguientes pasos:

- (I) analizar las características de la aeronave sobre la base del ajuste virtual realizado en el paso (E); y
35 (J) modificar el ajuste virtual sobre la base de los resultados del paso (I).

6. El método de la reivindicación 1, en donde el paso (E) incluye:

- 40 proporcionar un conjunto de datos que representan un ajuste nominal entre el primer y el segundo conjunto de piezas, donde los datos incluyen accesorios geométricos clave del primer y segundo conjunto de piezas, y alinear los accesorios geométricos clave del primer y segundo conjunto de piezas.

7. El método de la reivindicación 1, en donde el paso (E) incluye:

- 45 alinear los accesorios en un primer conjunto de accesorios sobre el primer y el segundo conjunto de piezas, y realizar un mejor ajuste entre los accesorios en un segundo conjunto de accesorios sobre el primer y el segundo conjunto de piezas.

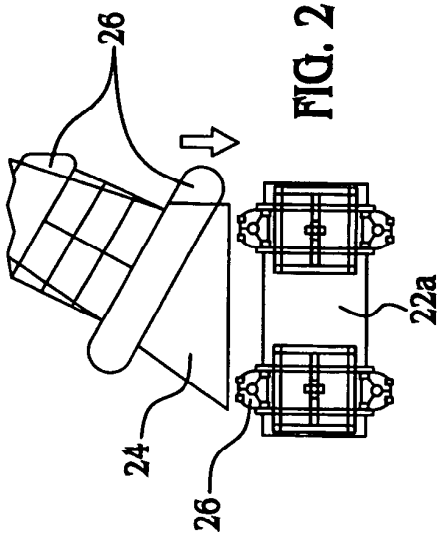


FIG. 2

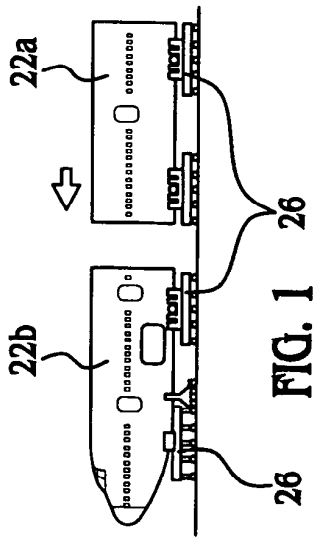


FIG. 1

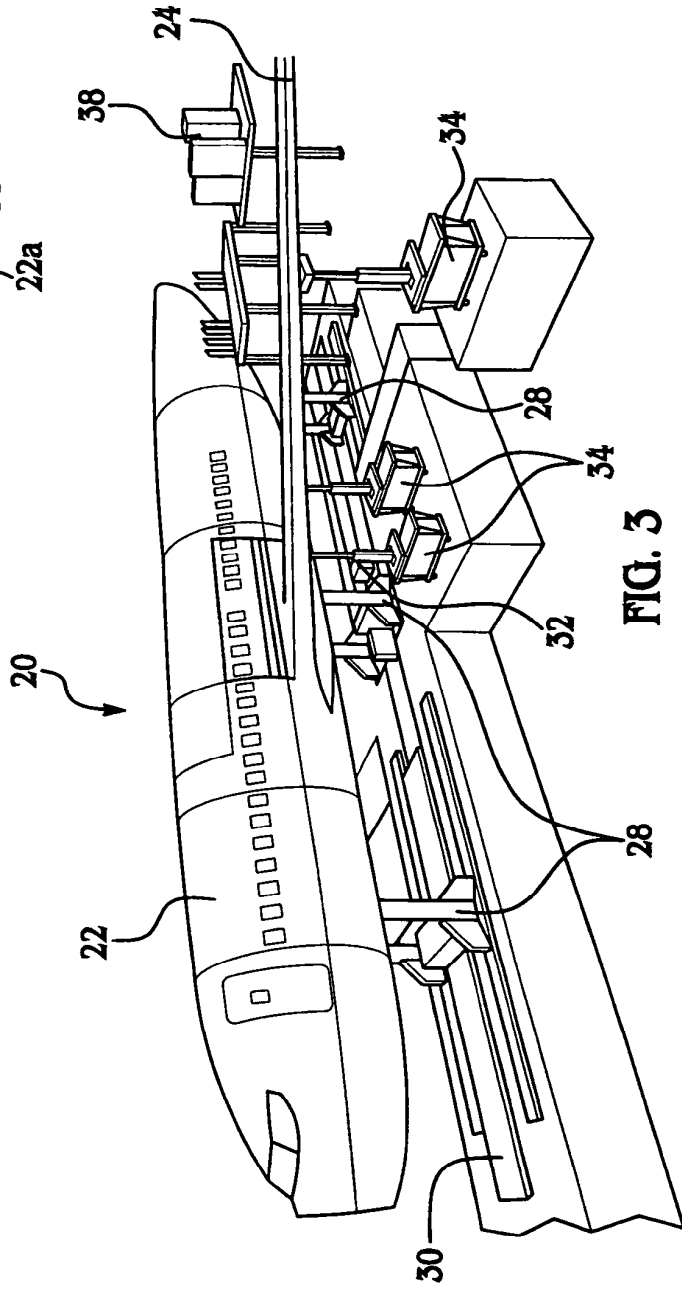


FIG. 3

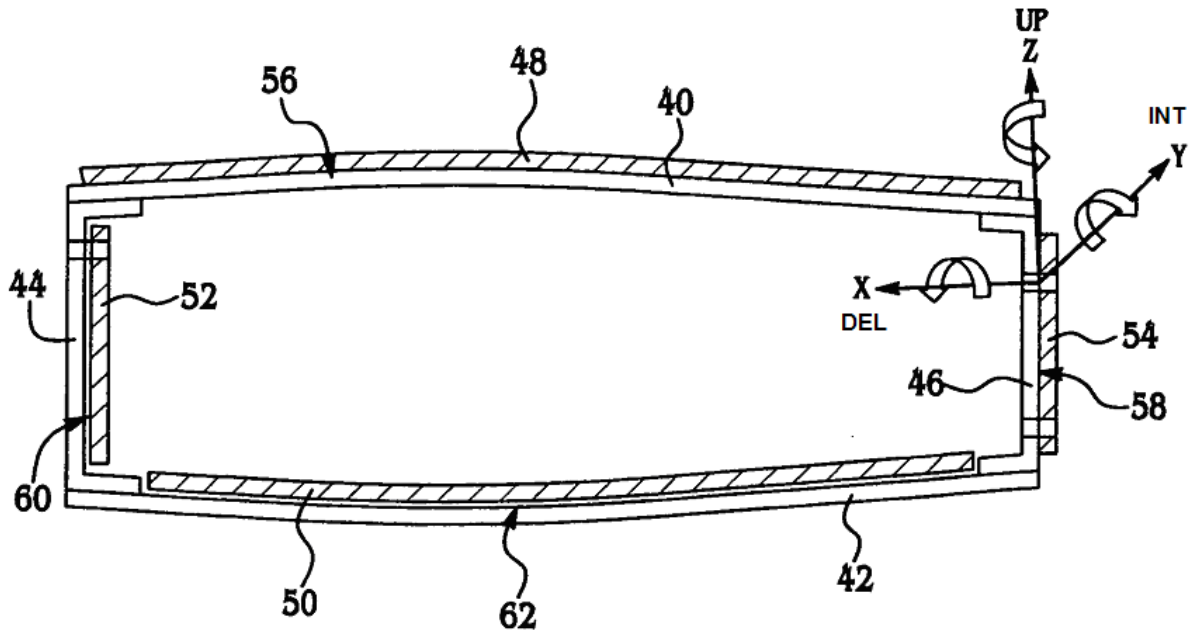


FIG. 4

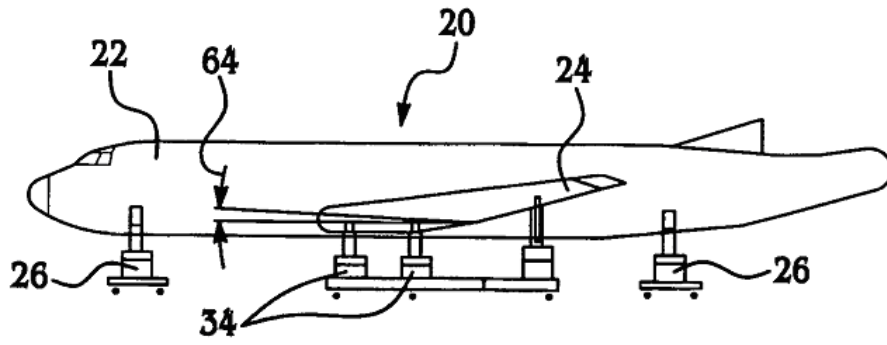


FIG. 5

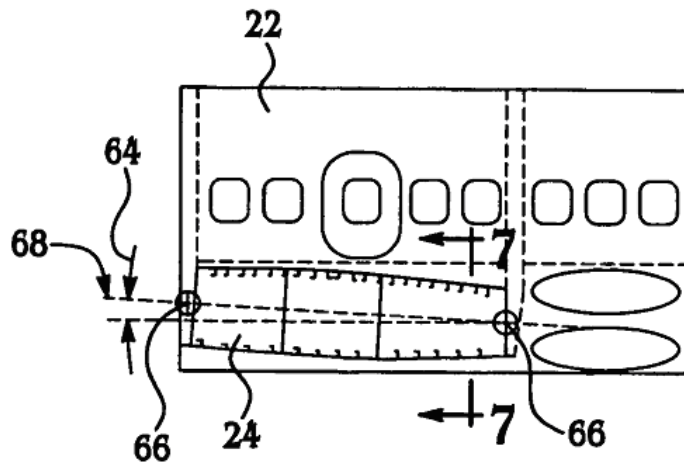


FIG. 6

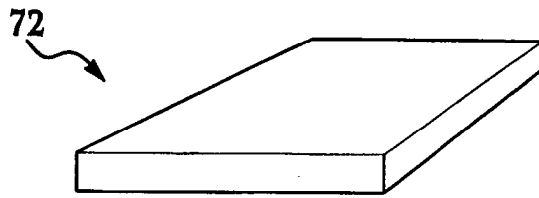
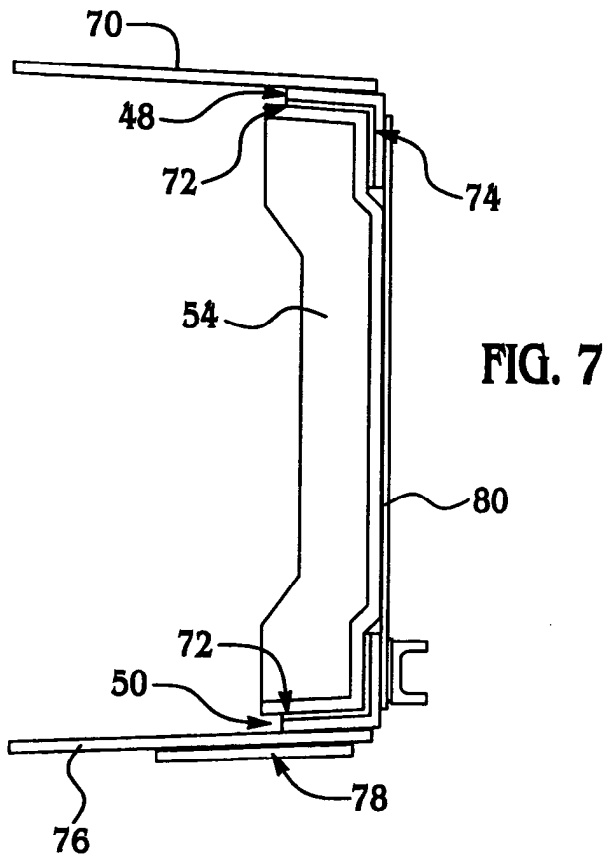


FIG. 8

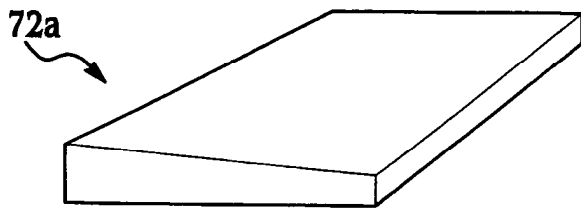


FIG. 9

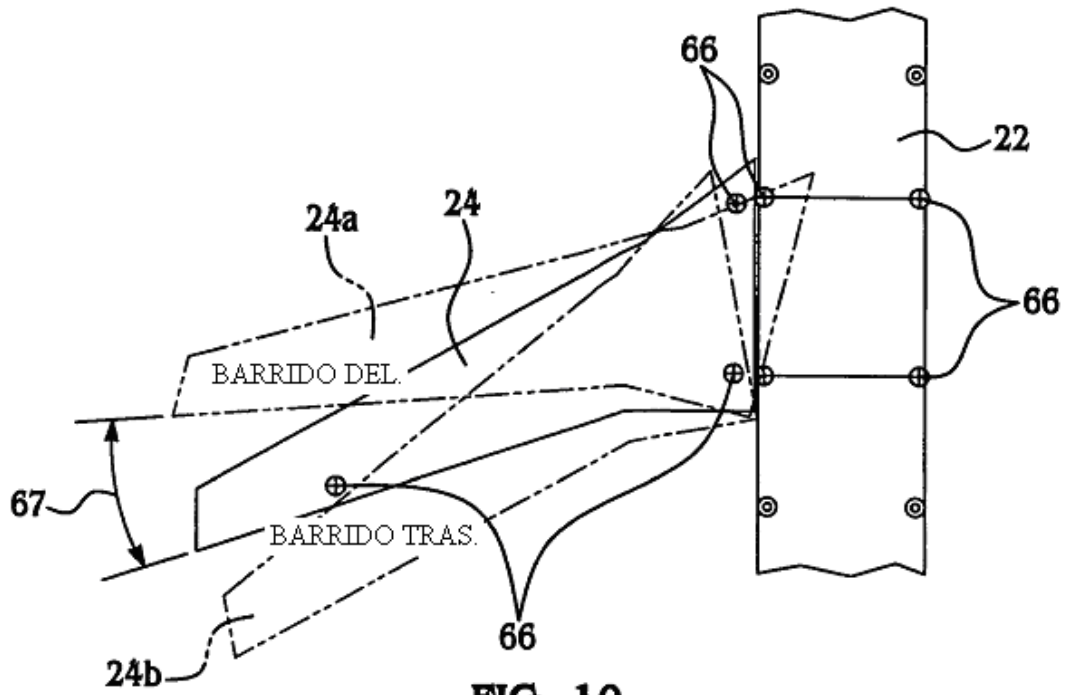


FIG. 10

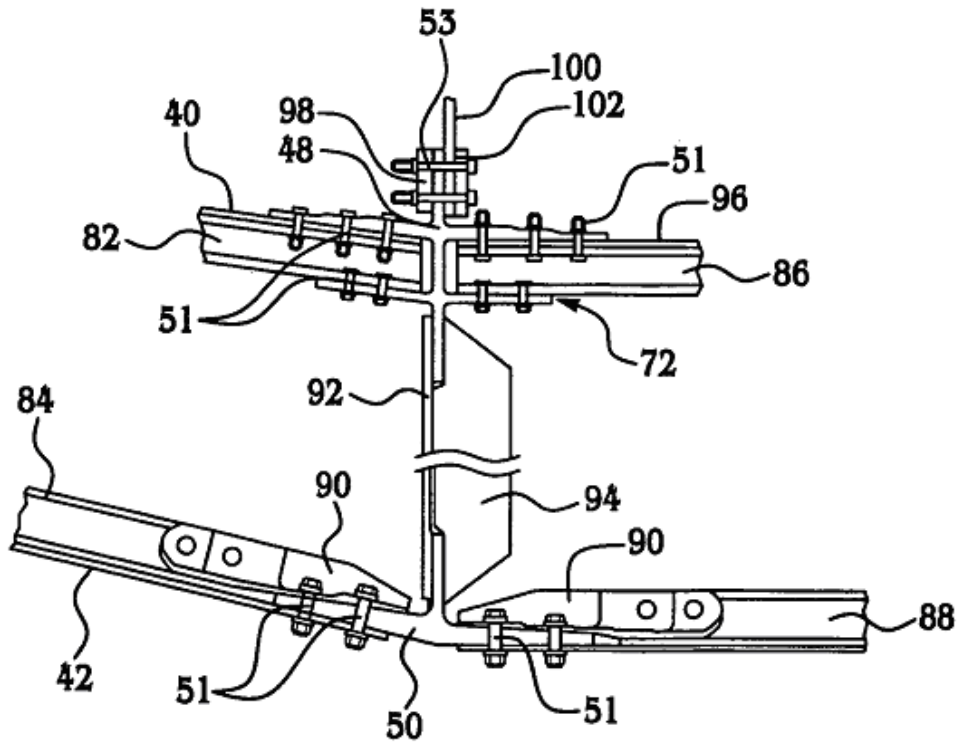


FIG. 11

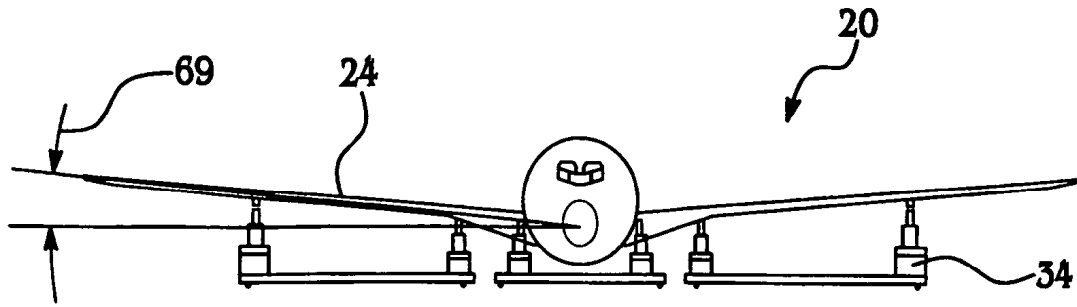


FIG. 12

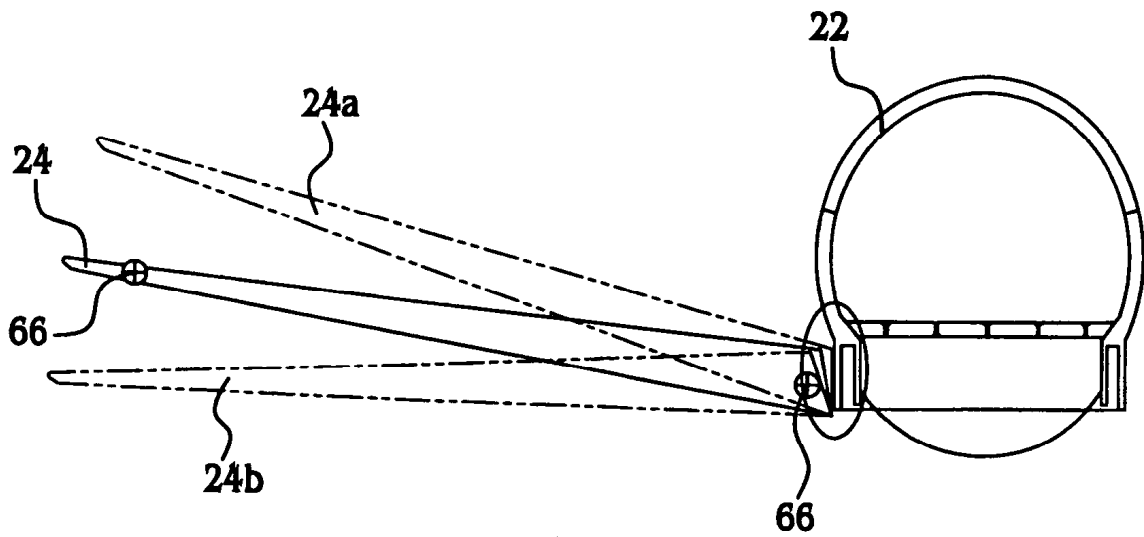


FIG. 13

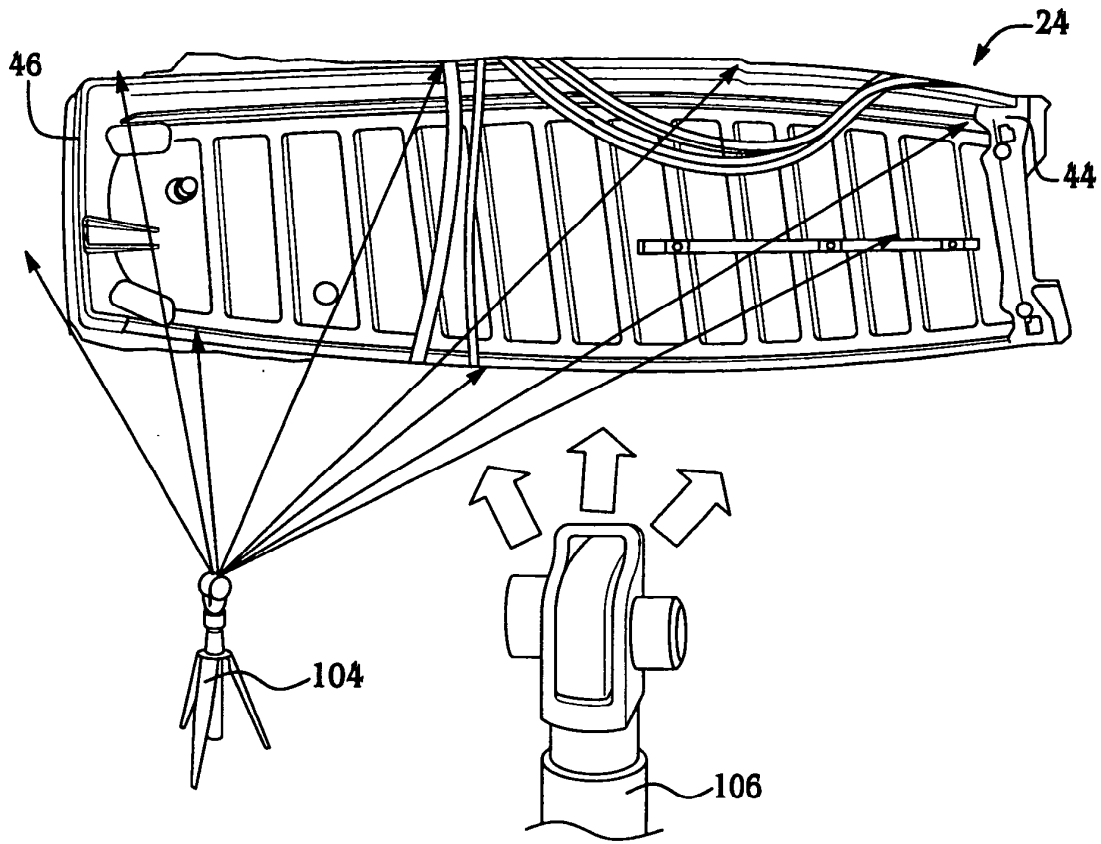


FIG. 14

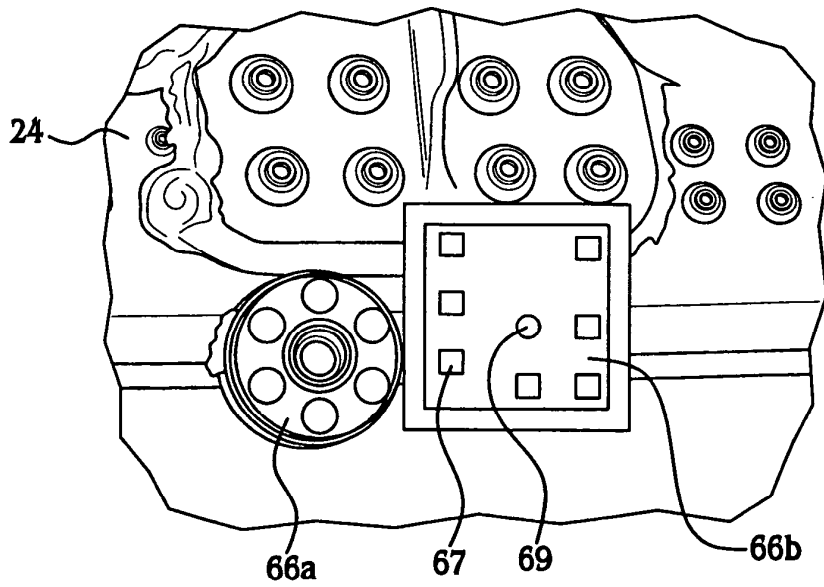


FIG. 15

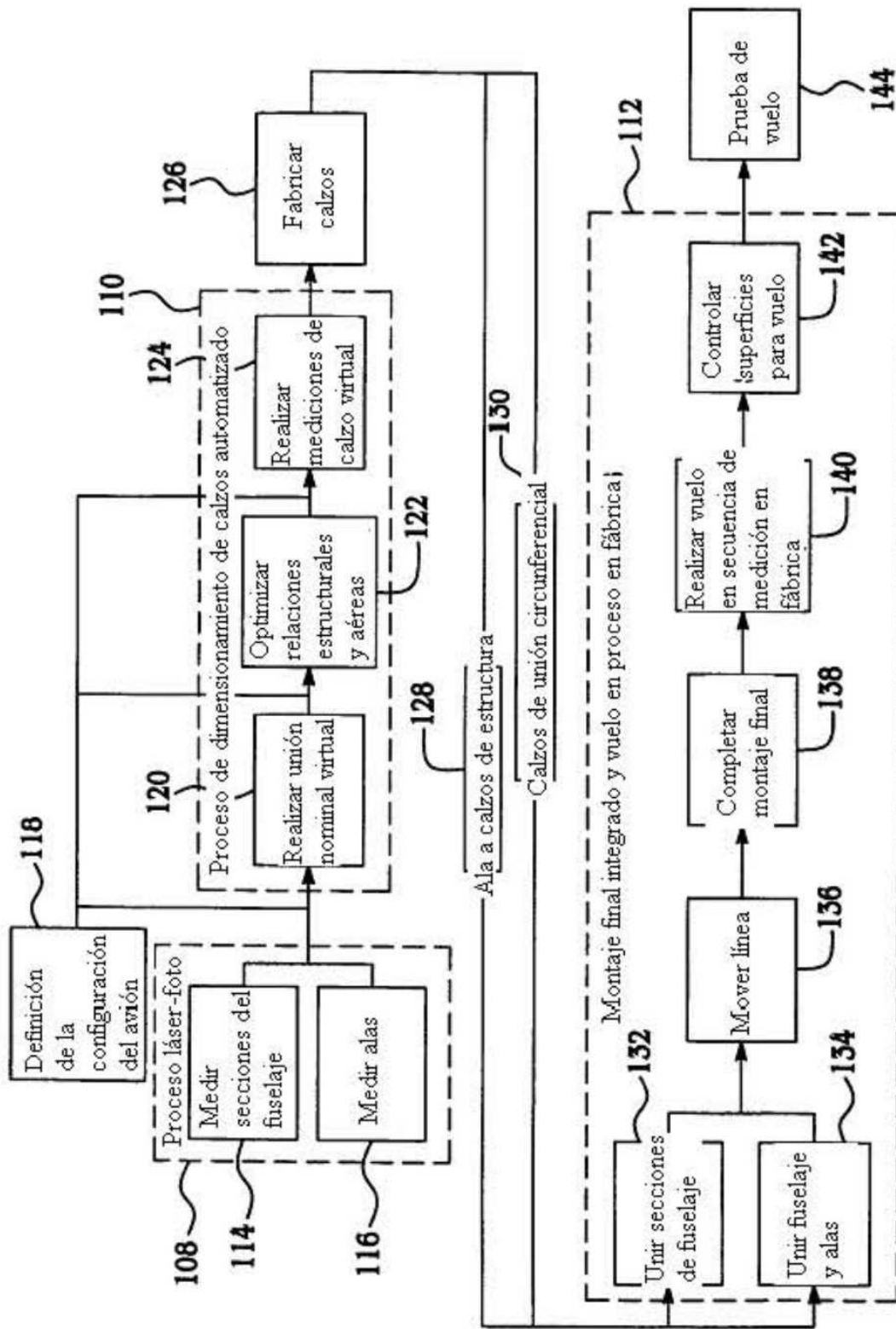


FIG. 16

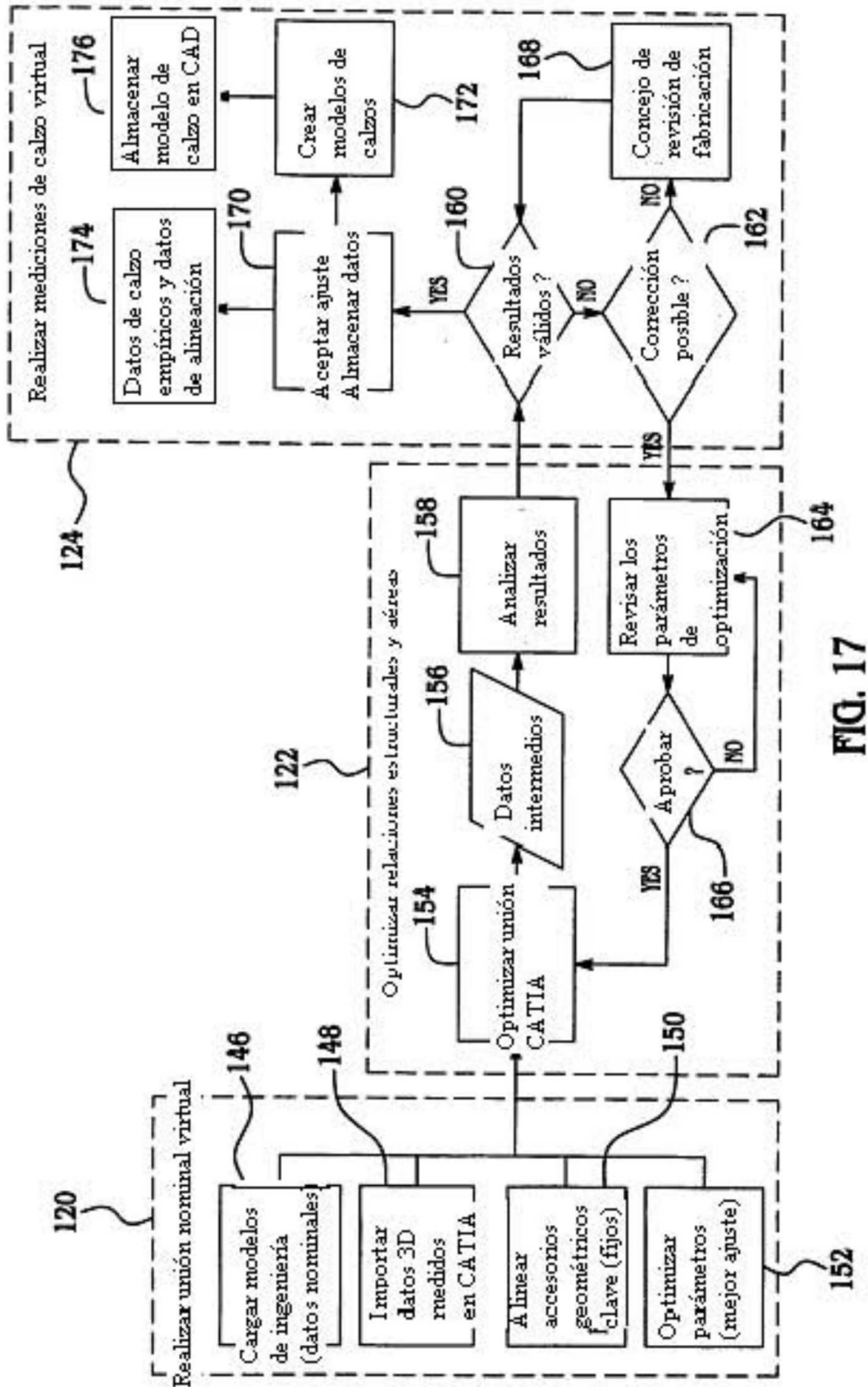


FIG. 17

