

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 653**

51 Int. Cl.:

G05B 19/4093 (2006.01)

G05B 19/4097 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2016 E 16167685 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2020 EP 3091408**

54 Título: **Definición basada en modelos para el mecanizado de piezas de aeronaves**

30 Prioridad:

04.05.2015 US 201514703425

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

01.07.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ERION, DONALD LEROY y
TURNER, DAVID RAY**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 837 653 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

Definición basada en modelos para el mecanizado de piezas de aeronaves

Campo tecnológico

5 La presente divulgación se refiere, en general, al mecanizado y montaje de piezas de aeronaves y, en particular, a la definición basada en modelos para el mecanizado de piezas de aeronaves.

Antecedentes

10 Los proyectos de fabricación complejos, tales como el diseño y la fabricación de aeronaves, en general requieren la integración exitosa de la ingeniería de diseño, la ingeniería de fabricación y, en ocasiones, la programación de control numérico (CN). La producción de aeronaves, por ejemplo, a menudo requiere la integración exitosa de cientos de miles de piezas y procesos asociados de acuerdo con un plan integral para producir una aeronave de conformidad con los datos de diseño de ingeniería, e incluye la fabricación automatizada de una serie de componentes, conjuntos y subconjuntos de acuerdo con técnicas de programación de CN.

15 La ingeniería de diseño con frecuencia hace uso de gráficos, de sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD) de cálculo intensivo para preparar dibujos, de especificaciones, de listas de piezas y de otros elementos relacionados con el diseño. En los sistemas de CAD modernos, las piezas de los componentes se diseñan modelándolas geoméricamente en tres dimensiones (3D) para obtener una definición de componente. El diseño y el desarrollo de modelos de geometría en 3D complejos para muchas piezas de componentes de aeronaves modernas es un proceso potente, pero costoso e intrincado donde el rendimiento de las piezas de componente y las restricciones de diseño se equilibran con la capacidad y el coste de fabricación. Los fabricantes gastan grandes cantidades de esfuerzo y recursos para equilibrar estos problemas. Un producto clave de este esfuerzo son los modelos de geometría en 3D de piezas de componentes y de conjuntos de piezas de componentes, incluyendo sus respectivas tolerancias dimensionales predefinidas. La mayor parte del proceso de fabricación gira en torno a la consecución de manera eficiente de las restricciones definidas en y entre los modelos de geometría en 3D de piezas y conjuntos de componentes.

25 En la actualidad, los fabricantes modernos gastan un porcentaje significativo de sus recursos para desarrollar y perfeccionar modelos de geometría en 3D para cada parte de componente y conjunto. Luego, los ingenieros deben crear dibujos bidimensionales (2D) para detallar e incluir los intervalos de dimensión y tolerancia para las características de las piezas de componente y las configuraciones de montaje. Este proceso define el dibujo en 2D como el control de configuración y la "autoridad para la fabricación". Este proceso requiere generar una serie de perspectivas en 2D de los componentes que se tienen que crear y, a continuación de esto, las tolerancias tienen que ser asignadas y detalladas en un dibujo en 2D, donde los intervalos de tolerancia se asignan en función de la adaptación y la función de las características de la pieza de componente. Por ejemplo, en el caso de orificios de montaje centrados en dos bridas coplanares de 2,5 cm (1 pulgada) de anchura que se adaptan una junto a la otra, la dimensión de anchura nominal es de 2,54 cm (1,000 pulgadas) y la tolerancia para la anchura de la brida debe ser de +0,000/-0,0762 cm (+0,000/-0,030 pulgadas), ya que situar dos bridas que tengan una anchura mayor que 2,54 cm (1,000 pulgadas) una junto a la otra provocaría que los orificios de montaje centrados se separen más unos de otros y potencialmente interferir con la alineación del orificio en un componente de acoplamiento. Al asignar una tolerancia de 2,54+0,000/-0,0762 cm (1,000+0,000/-0,030 pulgadas), la anchura de brida podría mecanizarse con una dimensión inferior a 2,54 cm (1,000 pulgadas), que simplemente dejaría un espacio entre las bridas cuando se sitúan una junto a la otra y se montan por medio de los orificios de montaje.

40 De este modo, para una brida de pieza que tenga una anchura de brida nominal de 2,54 cm (1 pulgada), un dibujo de la pieza en 2D con esta tolerancia asignada de 2,54+0,000/-0,0762 cm (1,000+0,000/-0,030 pulgadas) daría como resultado que el fabricante establezca el mecanizado de la brida en un punto medio de la tolerancia, en la anchura dimensional de 2,5019 cm (0,985 pulgadas) (+0,0381/-0,0381 cm (+0,015/-0,015 pulgadas)), para permitir posibles variaciones de fabricación que den como resultado una anchura por encima y por debajo de la anchura de 2,5019 cm (0,985 pulgadas) que, no obstante, permanecería dentro de la tolerancia del dibujo en 2D de 2,54+0,000/-0,0762 cm (1,000+0,000/-0,030 pulgadas).

50 Este proceso de fabricación de las características de las piezas para que se encuentren dentro de los intervalos de tolerancia también a menudo da como resultado espacios para calzar las piezas de los componentes en el conjunto y una definición inexacta de la forma de los detalles de las piezas; y la forma de las piezas de los componentes resultantes o su montaje con frecuencia se fuerza utilizando múltiples herramientas de gran envergadura durante la fabricación.

Durante la programación de CN y la fabricación, los programas de CN con frecuencia están diseñados para mecanizar anchuras y características de componentes que no tienen dimensiones nominales (por ejemplo, 2,54 cm (1,000 pulgadas)), sino una dimensión específica dentro del intervalo de tolerancia especificado en el dibujo de la

pieza en 2D (por ejemplo, $2,54+0,000/-0,0762$ cm ($1,000+0,000/-0,030$ pulgadas)), de tal manera que las variaciones de fabricación, no obstante, permanecerían dentro de la tolerancia del dibujo en 2D para mitigar el riesgo de incumplimiento.

5 Las herramientas de mecanizado por CN también se pueden configurar para mecanizar orificios o características en un extremo u otro de sus diversas tolerancias dimensionales para permitir el desgaste y maximizar la utilidad de las herramientas utilizadas para mecanizar las piezas o reducir el tiempo de mecanizado. Por ejemplo, en lugar de un tamaño nominal para un orificio que se desea mecanizar, un mecánico puede instalar una herramienta para la formación de orificios o una broca de un tamaño que esté dentro de la tolerancia, pero desplazado hacia un extremo del intervalo de tolerancia, lo que daría lugar a diámetros de orificio que inicialmente se encuentran en un extremo del intervalo de tolerancia y, a medida que la broca se desgasta, los diámetros de orificio resultantes se desplazan hacia el otro extremo del intervalo de tolerancia, de tal manera que se pueda producir un número máximo de piezas utilizando la broca a medida que se desgasta gradualmente y el diámetro de orificio cambia pero permanece dentro de la tolerancia, para prolongar de esta manera el tiempo antes de que sea necesario reemplazar la broca por otra broca.

15 En otro ejemplo, la trayectoria de una fresadora puede programarse para fresar a una profundidad de cavidad mínima permitida para permanecer en la tolerancia, lo que puede reducir el número de pasadas repetidas de la trayectoria de la máquina herramienta necesarias para lograr una profundidad de cavidad que esté dentro del intervalo de tolerancia durante el proceso de mecanizado. Esto, a su vez, puede reducir el tiempo total de mecanizado y podría reducir el riesgo de agrietamiento de paredes delgadas para mitigar el riesgo de incumplimiento.

20 Después de fabricar las piezas de componentes, se utilizan técnicas de fabricación convencionales para montar las piezas de componentes para producir conjuntos, algunos de los cuales pueden ser subconjuntos para conjuntos todavía más grandes. Tradicionalmente, este proceso se ha basado en técnicas de herramientas con accesorios que fuerzan las piezas de los componentes a ciertas posiciones y las sujetan temporalmente para ubicar las piezas con respecto a los requisitos de ingeniería predefinidos. Para piezas de componentes unidas y aseguradas mediante elementos de sujeción, el proceso de montaje también implica, a menudo, orificios piloto previamente perforados en una de las piezas unidas, y una plantilla de perforación de tamaño de orificio final para perforar los orificios piloto y a través de la otra de las piezas unidas, para, de esta manera, producir orificios del tamaño final deseado en ambas piezas.

30 El uso de las calzas mencionadas anteriormente, así como de los accesorios de ubicación y las plantillas de perforación de tamaño de orificio final durante el montaje, es costoso y, con frecuencia, da como resultado un alto nivel de incumplimiento que debe repararse. El proceso de montaje tradicional también implica con frecuencia el uso de varias calzas, lo que también supone costes y tiempo añadidos. Se han desarrollado algunas técnicas que implican escanear las piezas de los componentes después del montaje y luego programar cada pieza de acoplamiento (personalizada para un único montaje) para que coincida exactamente con la superficie. Pero esto requiere el montaje y desmontaje repetidos de las piezas de los componentes para completar el proceso de montaje.

35 El documento WO 2006/024844 divulga un aparato y un método para adaptar una pieza de trabajo a datos de diseño geométrico de una pieza de trabajo. Los puntos de datos nominales se seleccionan a partir de los datos de diseño geométrico. Los códigos de orden se crean para generar puntos de datos medidos. Los puntos de datos de medición tienen puntos de medición nominales asociados que se utilizan para adaptar la pieza de trabajo a los datos de diseño geométrico.

40 **Breve resumen**

De acuerdo con un aspecto, se divulga un método de fabricación de una pieza de aeronave para un conjunto como se define en la reivindicación 1. De acuerdo con un aspecto adicional, se divulga un sistema para fabricar una pieza de aeronave para un conjunto como se define en la reivindicación 8.

45 Las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación están dirigidas a mejorar el mecanizado y el montaje de piezas de aeronaves. De conformidad con las implementaciones de ejemplo, un modelo de geometría tridimensional (3D) para una pieza en el que sus características de superficie y los orificios se pueden modelar con las dimensiones nominales de la pieza acabada. Se puede generar un programa de mecanizado controlado numéricamente (CN) directamente a partir del modelo de geometría en 3D, sin dibujos en 2D de la pieza y, por lo tanto, los espacios para calzas y definiciones inexactas que con frecuencia acompañan a los dibujos en 2D. Luego, la pieza se puede mecanizar con las dimensiones nominales a partir del modelo de geometría en 3D en un aparato único de mecanizado por CN, en lugar de con uno u otro extremo de sus diversas tolerancias dimensionales.

55 Las piezas mecanizadas de acuerdo con las implementaciones de ejemplo pueden incluir orificios mecanizados con sustancialmente un diámetro nominal. Con respecto al montaje de las piezas mecanizadas, estos orificios se pueden perforar previamente (perforados durante el mecanizado y antes del montaje). Los orificios que se mecanizan con sustancialmente un diámetro nominal pueden habilitar el montaje sin el uso de ningún tipo de calzas, accesorios de

ubicación o plantillas de perforación de tamaño de orificio final (es decir, sin el uso de ninguna calza, sin el uso de ningún accesorio de ubicación y sin el uso de ninguna plantilla de perforación de tamaño de orificio final). Las implementaciones de ejemplo se sirven de la capacidad inherente de las máquinas por CN modernas para archivar la precisión para permitir la alineación de todos los orificios en el conjunto. Las piezas se pueden mecanizar exactamente como se modelaron (diseñaron), sin requerir interpretación por ni parte de un mecánico o ni de un operario o equipo de montaje posterior.

Más en particular, las piezas se pueden mecanizar sustancialmente nominales, lo que puede permitir su montaje sin calzas. Los orificios previamente perforados en las piezas se pueden utilizar para alinear y montar las piezas, sin requerir accesorios de ubicación de múltiples piezas; y al ser previamente perforados los orificios, las piezas se pueden montar sin plantillas de perforación de tamaño de orificio final para perforar los orificios en el montaje. Las piezas se pueden montar sin escanear una pieza para obtener su perfil de superficie para mecanizar un perfil de pieza de acoplamiento. Las piezas se pueden mecanizar en múltiples ubicaciones de proveedores y, sin embargo, se pueden adaptar fácilmente en el montaje.

A partir de, al menos, lo anterior, las implementaciones de ejemplo pueden reducir el coste de montar conjuntos de estructuras de aeronaves mediante la disminución de su tiempo de montaje, reduciendo el trabajo repetido, reduciendo las herramientas requeridas y eliminando las calzas. El conjunto de estructura de aeronave resultante puede ser un conjunto de mayor calidad debido a la adaptación superior de la pieza. Las implementaciones de ejemplo también pueden agregar poco o ningún coste adicional en la base de proveedores, reducir los posibles restos de objetos extraños y/o reducir el coste de la calidad de los orificios que no se perforan según el plano.

Un método de fabricación de una pieza de aeronave para un conjunto incluye crear un modelo de geometría tridimensional (3D) para una pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. Las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría en 3D se dimensionan con una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, respectivamente, y tienen respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos.

El método incluye generar un programa de mecanizado controlado numéricamente (CN) directamente a partir del modelo de geometría en 3D. El programa de mecanizado por CN tiene instrucciones para que un aparato único de mecanizado por CN mecanice la pieza de aeronave, incluyendo las características de superficie y los orificios. Y estas instrucciones incluyen instrucciones para mecanizar los orificios con el diámetro de orificio nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

El método también incluye mecanizar la pieza de aeronave, incluyendo las características de su superficie y los orificios en el aparato único de mecanizado por CN sirviéndose del programa de mecanizado por CN. El aparato de mecanizado por CN se sirve de una herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios. Esta herramienta para la formación de orificios se establece con sustancialmente el diámetro de orificio nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza, en lugar de una dimensión específica dentro del intervalo de tolerancia del dibujo de la pieza en 2D que permitirá variaciones de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o en lugar de una dimensión en un lado alto o un lado bajo del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir el desgaste de la herramienta, por lo que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

En algunas implementaciones de ejemplo del método de la implementación de ejemplo anterior o cualquiera posterior, o cualquier combinación de estas, el método comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado por CN para establecer la herramienta para la formación de orificios con un valor de compensación para mecanizar los orificios con un diámetro que se desplaza dentro de la tolerancia para permitir variaciones de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o para mecanizar los orificios con un diámetro hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir el desgaste de la herramienta.

Las instrucciones del programa de mecanizado por CN incluyen instrucciones para mecanizar las características de superficie con la dimensión de característica de superficie nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

El aparato de mecanizado por CN se sirve de una herramienta para el mecanizado de superficies para mecanizar las características de superficie. En estas implementaciones de ejemplo, la herramienta para el mecanizado de superficies se establece con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D, en lugar de una dimensión específica dentro del intervalo de tolerancia en el dibujo de la pieza en 2D correspondiente que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o en lugar de una dimensión en un lado alto o un lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir el desgaste de la herramienta o reducir la cantidad de material eliminado. Por consiguiente, el programa de CN y el aparato de mecanizado por CN están establecidos para mecanizar cada pieza de tal manera que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal que se especifica

en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

5 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, el método comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado por CN para establecer la herramienta para el mecanizado de superficies con un valor de compensación para mecanizar las características de superficie lejos de la dimensión superficie-característica nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza (con una dimensión dentro del intervalo de tolerancia del dibujo en 2D que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir el desgaste de la herramienta o reducir la cantidad de material eliminado).

10 El método comprende, además, comparar el peso de la pieza de aeronave mecanizada con un peso de referencia para la pieza de aeronave con las dimensiones nominales especificadas en el modelo de geometría en 3D para confirmar que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal especificada en el modelo de geometría en 3D para la pieza, y que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

15 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, las instrucciones del programa de mecanizado por CN incluyen instrucciones para un aparato de mecanizado por CN multieje para mecanizar características de superficie y los orificios en cada uno de dos o más planos ortogonales.

20 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, la pieza de aeronave, el modelo de geometría en 3D y el programa de mecanizado por CN son cada uno un primero de estos. En estas implementaciones de ejemplo, el método comprende, además, crear un segundo modelo de geometría en 3D para una segunda pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. Las características de superficie de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave en el primer modelo de geometría en 3D y el segundo modelo de geometría en 3D, respectivamente, tienen un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico.

25 El método de estas implementaciones de ejemplo también comprende, además, generar un segundo programa de mecanizado por CN directamente a partir del segundo modelo de geometría en 3D y mecanizar la segunda pieza de aeronave, incluyendo sus características de superficie y los orificios, en un aparato único de mecanizado por CN sirviéndose del segundo programa de mecanizado por CN. Las características de superficie de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave en el primer modelo de geometría en 3D y el segundo modelo de geometría en 3D, respectivamente, tienen el perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico, y el primer programa de mecanizado por CN y el segundo programa de mecanizado por CN se generan directamente a partir del primer modelo de geometría en 3D y del segundo modelo de geometría en 3D, para habilitar, de esta manera, el mecanizado de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave con un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico.

30 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, los orificios de la segunda pieza de aeronave en el segundo modelo de geometría en 3D se dimensionan con un diámetro de orificio nominal. En estas implementaciones de ejemplo, el aparato único de mecanizado por CN que mecaniza la segunda pieza de aeronave se sirve de una herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave. La herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave se establece con sustancialmente el diámetro nominal de los orificios de la segunda pieza de aeronave como se especifica en el modelo de geometría en 3D para la segunda pieza de aeronave. Por consiguiente, el programa de CN y el aparato de mecanizado por CN están establecidos para mecanizar la segunda pieza de aeronave de tal manera que los orificios de la segunda pieza de aeronave se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de los modelos geométricos 3D de estos. Preferentemente, el método comprende, además, comparar el peso de la pieza de aeronave mecanizada con un peso de referencia para la pieza de aeronave con dimensiones nominales para confirmar que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal y que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal.

40 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, el diámetro de orificio nominal sustancialmente con el que se mecanizan los orificios de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave es el mismo y un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción. Esto permite, de esta manera, la instalación de elementos de sujeción para montar la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave sin ninguna operación posterior de perforación, escariado o calzado.

55 En algunas otras implementaciones de ejemplo, un método de fabricación de una pieza de aeronave para un conjunto incluye crear un modelo de geometría 3D para una pieza de aeronave que tenga características de superficie y los

5 orificios representados por este. Las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría en 3D se dimensionan con una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, respectivamente, y tienen respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos, que se determinan en función de la forma, el ajuste o la función de la pieza de aeronave con respecto a otras piezas montadas.

10 El método incluye generar un programa de mecanizado por CN directamente a partir del modelo de geometría en 3D. El programa de mecanizado por CN tiene instrucciones para que un aparato único de mecanizado por CN mecanice la pieza de aeronave, incluyendo las características de superficie y los orificios. Y estas instrucciones incluyen instrucciones para mecanizar las características de superficie con la dimensión de característica de superficie nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

15 El método también incluye mecanizar la pieza de aeronave, incluyendo las características de su superficie y los orificios en el aparato único de mecanizado por CN sirviéndose del programa de mecanizado por CN. El aparato de mecanizado por CN se sirve de una herramienta para el mecanizado de superficies para mecanizar las características de superficie. Esta herramienta para el mecanizado de superficies se establece con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza, en lugar de una dimensión dentro del intervalo de tolerancia del dibujo en 2D que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o una dimensión en un lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir el desgaste de la herramienta o reducir una cantidad de material eliminado. Por consiguiente, el programa de CN y el aparato de mecanizado por CN están configurados para mecanizar cada pieza de tal manera que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal especificada en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

25 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, el método comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado por CN para establecer la herramienta para el mecanizado de superficies con un valor de compensación para mecanizar las características de superficie lejos de la dimensión de característica de superficie nominal especificada en el modelo de geometría en 3D para la pieza (con una dimensión dentro de la 2D intervalo de tolerancia de dibujo que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir el desgaste de la herramienta o reducir la cantidad de material eliminado).

30 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, las instrucciones del programa de mecanizado por CN incluyen instrucciones para mecanizar los orificios con el diámetro de orificio nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

35 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, el aparato de mecanizado por CN se sirve de una herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios. En estas implementaciones de ejemplo, la herramienta para la formación de orificios se establece con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza, en lugar de una dimensión dentro del intervalo de tolerancia del dibujo en 2D que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o una dimensión en un lado alto del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir el desgaste de la herramienta, por lo que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal que se especifica en el modelo de geometría en 3D para la pieza. También en estas implementaciones de ejemplo, el método comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado por CN para establecer la herramienta para la formación de orificios con un valor de compensación para mecanizar los orificios lejos del diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza, hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o para permitir el desgaste de la herramienta.

50 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, el método comprende, además, comparar un peso de la pieza de aeronave mecanizada con un peso de referencia para la pieza de aeronave con las dimensiones nominales especificadas en el modelo de geometría en 3D para la pieza, para confirmar que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal especificada en el modelo de geometría en 3D para la pieza y que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

55 En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, las instrucciones del programa de mecanizado por CN incluyen instrucciones para un aparato de mecanizado por CN multieje para mecanizar características de superficie y los orificios en cada uno de dos o más planos ortogonales.

En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, la pieza de aeronave, el modelo de geometría en 3D y el programa de mecanizado por CN son cada uno un primero de estos. En estas implementaciones de ejemplo, el método comprende, además, crear un segundo modelo de geometría en 3D para una segunda pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. Las características de superficie de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave en el primer modelo de geometría en 3D y el segundo modelo de geometría en 3D, respectivamente, tienen un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico.

El método de estas implementaciones de ejemplo también comprende, además, generar un segundo programa de mecanizado por CN directamente a partir del segundo modelo de geometría en 3D y mecanizar la segunda pieza de aeronave, incluyendo sus características de superficie y los orificios, en un aparato único de mecanizado por CN sirviéndose del segundo programa de mecanizado por CN. Las características de superficie de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave en el primer modelo de geometría en 3D y el segundo modelo de geometría en 3D, respectivamente, tienen el perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico, y el primer programa de mecanizado por CN y el segundo programa de mecanizado por CN se generan directamente a partir del primer modelo de geometría en 3D y del segundo modelo de geometría en 3D, para habilitar, de esta manera, el mecanizado de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave con un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico.

En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, los orificios de la primera pieza de aeronave en el primer modelo de geometría en 3D se dimensionan con un diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza. En estas implementaciones de ejemplo, el aparato único de mecanizado por CN que mecaniza la primera pieza de aeronave se sirve de una herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios de la primera pieza de aeronave. La herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios de la primera pieza de aeronave se establece con sustancialmente el diámetro nominal de los orificios especificado en el modelo de geometría en 3D para la primera pieza de aeronave, por lo que los orificios de la primera pieza de aeronave se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la primera pieza de este.

En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, los orificios de la segunda pieza de aeronave en el segundo modelo de geometría en 3D se dimensionan con un diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la segunda pieza de aeronave. En estas implementaciones de ejemplo, el aparato único de mecanizado por CN que mecaniza la segunda pieza de aeronave se sirve de una herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave. La herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios especificados en el modelo de geometría en 3D para la segunda pieza de aeronave se establece con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de los orificios de la segunda pieza de aeronave, por lo que los orificios de la segunda pieza de aeronave se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la segunda pieza de aeronave de este.

En algunas implementaciones de ejemplo del método de cualquier implementación de ejemplo anterior o posterior, o cualquier combinación de estas, el diámetro de orificio nominal especificado en los modelos de geometría en 3D es el diámetro sustancialmente con el que se mecanizan los orificios de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave, y es el mismo y un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción, permitiendo, de esta manera, la instalación de elementos de sujeción para montar la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave sin ninguna operación posterior de perforación, escariado o calzado.

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente divulgación resultarán evidentes a partir de la lectura de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos, que se describen brevemente a continuación. La presente divulgación incluye cualquier combinación de dos, tres, cuatro o más características o elementos expuestos en esta divulgación, independientemente de si tales características o elementos se combinan expresamente o se mencionan de otro modo en una implementación de ejemplo específica descrita en el presente documento. Esta divulgación está destinada a ser leída de manera integral, de tal manera que cualquier característica o elemento separable de la divulgación, en cualquiera de sus aspectos e implementaciones de ejemplo, debería verse como se pretende, es decir, como que se puede combinar, a menos que el contexto de la divulgación indique claramente lo contrario.

Por lo tanto, se apreciará que este breve resumen se proporciona simplemente con el propósito de resumir algunas implementaciones de ejemplo para proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos de la divulgación. Por consiguiente, se apreciará que las implementaciones de ejemplo descritas anteriormente son simplemente ejemplos y no se deberían interpretar como que restringen el alcance de la divulgación de ninguna manera. Otras implementaciones de ejemplo, aspectos y ventajas resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, los cuales ilustran, a modo de ejemplo, los principios de algunas

implementaciones de ejemplo descritas.

Breve descripción del dibujo o dibujos

Tras describirse, de este modo, los ejemplos de la divulgación en términos generales, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala y, en donde:

- 5 la figura 1 ilustra un sistema de acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación;
 la figura 2 ilustra un sistema de mecanizado y definición basado en modelos, de acuerdo con algunas implementaciones de ejemplo;
 la figura 3 ilustra un sistema de montaje de componentes, de acuerdo con algunas implementaciones de ejemplo;
 10 las figuras 4-14 ilustran una porción de un sistema de montaje de componentes y el cual puede ser útil para montar una estructura de aeronave sin el uso de ningún accesorio de ubicación para la alineación de las secciones o plantillas de perforación de tamaño de orificio final para perforar orificios, de acuerdo con algunas implementaciones de ejemplo;
 las figuras 15 y 16 son diagramas de flujo que ilustran diversas etapas en los métodos para fabricar una pieza de aeronave para un conjunto, de acuerdo con algunas implementaciones de ejemplo; y
 15 la figura 17 ilustra un aparato de acuerdo con algunas implementaciones de ejemplo.

Descripción detallada

Algunas implementaciones de la presente divulgación se describirán ahora en mayor detalle en adelante con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas implementaciones de la divulgación, aunque no todas. En efecto, diversas implementaciones de la divulgación pueden realizarse de muchas formas diferentes y no deberían 20 construirse como limitadas a las implementaciones establecidas en el presente documento; sino que estas implementaciones de ejemplo se proporcionan de tal modo que la presente divulgación sea exhaustiva y completa, y transmitirán totalmente el alcance de la divulgación a los expertos en la materia. Los números de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de la memoria.

Las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación se dirigen, en general, al mecanizado y al montaje de 25 piezas de aeronaves y, en particular, a la definición basada en modelos para el mecanizado de piezas de aeronaves y el montaje de piezas sin el uso de calzas, accesorios de ubicación o plantillas de perforación de tamaño de orificio final. La figura 1 ilustra un sistema **100** de acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación. El sistema puede incluir cualquiera de una serie de subsistemas diferentes (cada uno un sistema individual) para llevar a cabo una o más funciones u operaciones. Como se muestra, por ejemplo, el sistema puede incluir uno o más de 30 cada uno de un subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102** y un subsistema de montaje de componentes **104**. Si bien se muestra como parte del sistema, debería entenderse que uno o ambos subsistemas pueden funcionar u operar como un sistema separado sin tener independientemente del otro subsistema. También debería entenderse que el sistema puede incluir uno o más subsistemas adicionales o alternativos que los que se muestran en la figura 1.

35 El subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102** está configurado en general para habilitar el diseño y el modelado de piezas de aeronaves de manera que las piezas puedan ser mecanizadas y montadas sin calzas, accesorios de ubicación de múltiples piezas o plantillas de perforación de tamaño de orificio final. Estas piezas de aeronaves pueden incluir, por ejemplo, fundiciones en bruto, forjaduras, componentes compuestos en bruto y similares. El subsistema de mecanizado y definición basado en modelos puede crear un modelo de geometría 40 tridimensional (3D) para piezas de aeronaves, tales como los modelos de diseño asistido por ordenador (CAD) en 3D relacionales para piezas de acoplamiento, con características de superficie, orificios y ubicaciones dimensionados y tolerados para adaptarse de manera fiable en el conjunto, cuando se utilizan técnicas de montaje sin calzas/sin perforación.

45 El subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102** se puede configurar para crear un modelo de geometría en 3D de una pieza de aeronave en el que sus características pueden dimensionarse con las dimensiones nominales de la pieza acabada exactamente con la forma final deseada. Se puede generar un programa de mecanizado controlado numéricamente (CN), tal como un programa de mecanizado por CN por ordenador (CNC), directamente a partir del modelo de geometría en 3D, y se puede configurar un aparato de mecanizado por CN apropiado para mecanizar la pieza con la forma nominal de la pieza deseada según el modelo de geometría en 3D. 50 La pieza se puede mecanizar con las dimensiones nominales exactas del programa de mecanizado por CN, en lugar de anular en ciertas ubicaciones, como es, en general, la práctica habitual. Las piezas resultantes se pueden montar sin utilizar calzas, herramientas mínimas y sin perforación en el momento del montaje de los componentes de la aeronave. En este sentido, el subsistema de mecanizado y definición basado en modelos puede servirse de una capacidad inherente de los aparatos de mecanizado por CN modernos para archivar la precisión y permitir que todos 55 los orificios del conjunto se alineen. Las piezas se pueden mecanizar exactamente como se modelaron (diseñaron), sin interpretación por parte ni de un proveedor de piezas ni de un equipo de montaje posterior.

El subsistema de montaje de componentes **104** se puede configurar, en general, para habilitar el montaje de conjuntos de estructura de aeronave compuestos por secciones, tales como secciones mecanizadas mediante el subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102**. El subsistema de montaje de componentes puede habilitar el montaje de conjuntos de estructura de aeronave con secciones mecanizadas en múltiples ubicaciones de proveedores, sin calzado, accesorios de ubicación de múltiples piezas o plantillas de perforación de tamaño de orificio final. De acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación, las secciones del conjunto de estructura incluyen orificios de los elementos de sujeción previamente perforados que se pueden utilizar para la alineación y el montaje de las secciones. Los orificios de los elementos de sujeción se pueden perforar previamente antes del montaje, en contraposición a durante el montaje utilizando plantillas de perforación, perforándose la mayoría de los orificios (si no todos) en el momento del mecanizado de detalle. El subsistema de montaje de componentes también puede habilitar el montaje de piezas sin escanear una pieza para obtener su perfil de superficie para mecanizar un perfil de pieza de acoplamiento. Mediante el sistema **100** de las implementaciones de ejemplo, se pueden diseñar, mecanizar y montar piezas de aeronaves en menos tiempo, con repeticiones de trabajo reducidas, con un número de herramientas reducido y sin calzas. Esto puede dar como resultado conjuntos de estructura de mayor calidad debido a una adaptación de sección superior. El sistema se puede implementar sin costes adicionales en la base de proveedores, puede reducir los posibles restos de objetos extraños y/o puede reducir el coste de la calidad de los orificios que no se perforan según el plano.

La figura 2 ilustra un sistema de mecanizado y definición basado en modelos **200** que en algunos ejemplos puede corresponder al subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102** de la figura 1. El sistema de mecanizado y definición basado en modelos puede incluir uno o más de cada uno de una serie de componentes acoplados entre sí, tal como un modelador de geometría en 3D **202**, un generador de programas de CN **204** y un aparato de mecanizado por CN **206** con una herramienta para la formación de orificios **208** y/o una herramienta para el mecanizado de superficies **210**. En algunos ejemplos, sin embargo, el sistema de mecanizado y definición basado en modelos puede incluir únicamente un aparato de mecanizado por CN.

El modelador de geometría en 3D **202** se puede configurar para crear un modelo de geometría en 3D **212** para una pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. Para esto, en algunos ejemplos, el modelador de geometría en 3D puede ser, incluir o beneficiarse de otro modo de un sistema de CAD disponible comercialmente, tal como el sistema de modelado digital CATIA, disponible en Dassault Systèmes S.A. de Velizy-Villacoublay, Francia. De acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación, las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría en 3D se dimensionan con una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, respectivamente, y tienen respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos, que pueden ser en función de la forma, el ajuste o la función de la pieza. Más en general, el modelo de geometría en 3D para la pieza de aeronave puede incluir una trama de alambre en 3D o un modelo sólido de la pieza de aeronave, así como los datos de ingeniería necesarios para mecanizar o inspeccionar la pieza. Estos datos de ingeniería pueden incluir el intervalo de tolerancia superficie-característica y el intervalo de tolerancia orificio-diámetro mencionados anteriormente (uno o más de cada uno), así como incluir indicadores, requisitos de acabado y similares.

En una implementación de ejemplo, se crea un modelo de geometría en 3D para una pieza de aeronave con características de superficie y los orificios dimensionados para adaptarse y funcionar, tal como un tamaño de orificio de elemento de fijación estándar o una anchura de brida de número entero, y se crea un programa de CN directamente a partir del modelo de geometría en 3D para la pieza de aeronave. El programa de CN incluye instrucciones de programa para mecanizar los orificios y las características de superficie con las dimensiones nominales que se especifican en el modelo de geometría en 3D para la pieza de aeronave, donde la dimensión nominal significa el valor de modelo de geometría de una dimensión o el tamaño y perfil como cuando están modelados de las características de superficie y los orificios creados en el modelo de geometría en 3D, en contraposición a un valor dimensional medio que se encuentra dentro o a medio camino entre un intervalo de tolerancia para un diámetro de orificio o característica de la pieza de aeronave.

El generador de programas de CN **204** se puede configurar para generar un programa de mecanizado por CN **214** directamente a partir del modelo de geometría en 3D **212** y, en algunos ejemplos, puede ser, incluir o beneficiarse de otro modo de un sistema de CAD disponible comercialmente (por ejemplo, CATIA). El programa de mecanizado por CN puede tener instrucciones para el aparato único de mecanizado por CN **206** para mecanizar la pieza de aeronave, incluyendo sus características de superficie y los orificios, incluyendo las instrucciones para mecanizar los orificios con el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza. Por consiguiente, es posible que se requiera que las plantas de fabricación creen un programa de CN a partir del modelo de geometría en 3D para incluir instrucciones de programa para mecanizar orificios y características de superficie con las dimensiones nominales en el modelo de geometría en 3D, en lugar de crear instrucciones de programa de CN que cambien la dimensión nominal con una dimensión específica dentro del intervalo de tolerancia en un dibujo de la pieza en 2D que permitiría variaciones de fabricación y reduciría la probabilidad de variaciones de dimensión que excedan los límites de tolerancia (mitigando el riesgo de piezas de incumplimiento). En un ejemplo, el intervalo de tolerancia aumenta (por ejemplo, se expande, se relaja) para las dimensiones del orificio y la superficie, para reducir las preocupaciones de incumplimiento de las plantas de fabricación que mecanizan las piezas y alentar a las plantas de fabricación a no

5 cambiar o desplazar las dimensiones programadas por CN lejos de las dimensiones nominales especificadas en el modelo de geometría en 3D (por ejemplo, una dimensión de anchura nominal de 2,54 cm (1,000 pulgadas)) con una dimensión diferente dentro del intervalo de tolerancia (por ejemplo, una dimensión de 2,5019 cm (0,985 pulgadas)) dentro de un intervalo de tolerancia de 2,54+0,000/-0,0762 cm (1,000+0,000/-0,030 pulgadas)) en un esfuerzo por tener en cuenta las variaciones de fabricación, el desgaste de la herramienta, la velocidad de corte, etc. El aparato de mecanizado por CN, entonces, se puede configurar para mecanizar la pieza de aeronave **216**, incluyendo sus características de superficie y los orificios, sirviéndose del programa de mecanizado por CN, que incluye instrucciones para mecanizar las características de superficie y los orificios con las dimensiones nominales especificadas en el modelo de geometría en 3D para la pieza de aeronave. En algunos ejemplos, el aparato de mecanizado por CN puede ser un aparato de mecanizado por CN multieje configurado para mecanizar características de superficie y los orificios en cada uno de dos o más planos ortogonales en una única configuración de mecanizado, de tal manera que los orificios y las superficies en un segundo plano ortogonal no se mecanizan en una operación de mecanizado secundaria en un segundo aparato de mecanizado después de mecanizar por CN los orificios y las superficies en un primer plano ortogonal en un primer aparato de mecanizado.

15 El aparato de mecanizado por CN **206** puede ser cualquiera de una serie de aparatos adecuados configurados para mantener el material apropiado en su lugar y mecanizar el material para formar la pieza de aeronave de conformidad con el programa de mecanizado por CN **214**. En algunos ejemplos, el aparato de mecanizado por CN puede ser un aparato único de mecanizado por CN. En otros ejemplos, el aparato de mecanizado por CN puede incluir un aparato de mecanizado por CN para bosquejar la pieza, y otro aparato único de mecanizado por CN para llevar a cabo el mecanizado final o de acabado, tal como para mecanizar características de superficie que están indicadas entre sí en el modelo de geometría en 3D en una única configuración.

25 El aparato de mecanizado por CN puede incluir un controlador de CN configurado para dirigir la herramienta para la formación de orificios **208** y/o la herramienta para el mecanizado de superficies **210** de acuerdo con un programa de mecanizado por CN apropiado. Los ejemplos de herramientas de mecanizado por CN adecuadas con herramientas de mecanizado de superficies adecuadas incluyen una fresadora, un torno, una máquina de estampado y similares. Los ejemplos de herramientas adecuadas para la formación de orificios incluyen una perforadora, una fresa universal, un escariador, una rectificadora, una perforadora y similares.

30 El aparato de mecanizado por CN **206** puede servirse de la herramienta para la formación de orificios **208** para mecanizar los orificios. La herramienta para la formación de orificios puede establecerse con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza, en lugar de una dimensión dentro del intervalo de tolerancia del dibujo en 2D que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o una dimensión en un lado alto del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir el desgaste de la herramienta, por lo que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza. Esto puede lograrse mediante el programa de mecanizado por CN **214**. En algunos ejemplos, se puede deshabilitar el ingreso por parte de un operario al aparato de mecanizado por CN **206** para establecer la herramienta para la formación de orificios con un valor de compensación para mecanizar los orificios con un diámetro que se desplaza dentro del intervalo de tolerancia para permitir variaciones de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o para mecanizar los orificios con un diámetro hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir el desgaste de la herramienta. Esto se puede lograr de diferentes maneras, tal como mediante las instrucciones adecuadas en el programa de mecanizado por CN, que pueden proteger el diámetro de orificio correspondiente al diámetro nominal en el modelo de geometría en 3D de ser editado por el mecánico u otro operario.

45 Las instrucciones del programa de mecanizado por CN **214** pueden incluir instrucciones para mecanizar las características de superficie de la pieza de aeronave **216** con la dimensión de característica de superficie nominal. El aparato de mecanizado por CN **206** puede servirse de la herramienta para el mecanizado de superficies **210** para mecanizar las características de superficie. Similar a la herramienta para la formación de orificios **208**, la herramienta para el mecanizado de superficies puede establecerse con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal, en lugar de una dimensión dentro del intervalo de tolerancia del dibujo en 2D que permitirá la variación de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o una dimensión en un lado alto o un lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir el desgaste de la herramienta o reducir una cantidad de material eliminado, por el cual las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal especificada en el modelo de geometría en 3D para la pieza. De nuevo, esto puede lograrse mediante el programa de mecanizado por CN. También similar a la herramienta para la formación de orificios, en algunos ejemplos, se puede deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado por CN para establecer la herramienta para el mecanizado de superficies con un valor de compensación para mecanizar las características de superficie lejos de la dimensión de característica de superficie nominal en el modelo de geometría en 3D con un diámetro diferente dentro del intervalo de tolerancia para permitir variaciones de fabricación y mitigar el riesgo de incumplimiento, o hacia un diámetro hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir el desgaste de la herramienta o reducir la cantidad de material eliminado, tal como, de nuevo, mediante las instrucciones adecuadas en el programa de mecanizado por CN, que pueden proteger la dimensión de característica de superficie de ser editada.

Además de lo anterior, considere un ejemplo de una fresa universal para mecanizar una pieza que tiene una característica de superficie con un intervalo de tolerancia superficie-característica de +0,0254/-0,00762 cm (+0,010/-0,003 pulgadas). El mecánico puede inclinarse por establecer una compensación de herramienta con +0,0127 cm (+0,005 pulgadas), para ajustar o desplazar la posición de una fresa universal con +0,0127 cm (+0,005 pulgadas) hacia un lado alto de un intervalo de tolerancia, al fresar un borde o perfil de referencia en la pieza. La productividad de fabricación podría mejorarse mediante una mayor velocidad de la herramienta, etc., puesto que se elimina menos material y se deja más material en el borde o superficie de referencia resultante, que, no obstante, permanecería en tolerancia, dando como resultado una pieza que pasará la inspección. Si bien esta práctica produce piezas que se encuentran dentro de las tolerancias especificadas, da como resultado que los orificios y otras características dimensionadas a partir de la referencia sean diferentes de una pieza con respecto a otra. Esto puede evitarse en al menos algunas implementaciones de ejemplo inhabilitando el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado por CN.

En algunos ejemplos, la pieza de aeronave mecanizada **216** se puede pesar y su peso compararse con un peso de referencia para la pieza de aeronave con dimensiones nominales. Esto puede habilitar que el sistema de mecanizado y definición basado en modelos **200** confirme que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal especificada en el modelo de geometría en 3D para la pieza y que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la pieza.

En algunos ejemplos, la pieza de aeronave **216**, el modelo de geometría en 3D **212** y el programa de mecanizado por CN **214** pueden ser cada uno un primero de estos. Es decir, la pieza de aeronave puede ser una primera pieza de aeronave, el modelo de geometría en 3D puede ser un primer modelo de geometría en 3D y el programa de mecanizado por CN puede ser un primer programa de mecanizado por CN. En estos ejemplos, el modelador de geometría en 3D **202** también se puede configurar para crear un segundo modelo de geometría en 3D **212'** para una segunda pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. En este sentido, las características de superficie de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave en el primer modelo de geometría en 3D y el segundo modelo de geometría en 3D, respectivamente, pueden tener un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico. Esto se puede lograr de diferentes maneras, tal como mediante el uso de un perfil de superficie de acoplamiento común en la definición de ambos modelos de geometría en 3D **212**, **212'**.

El generador de programas de CN **204** también se puede configurar para generar un segundo programa de mecanizado por CN **214'** directamente a partir del segundo modelo de geometría en 3D **212'**. En algunos ejemplos, el primer y el segundo programa de mecanizado por CN **214**, **214'** pueden incluir instrucciones para la misma trayectoria de herramienta para mecanizar el perfil de características de superficie de acoplamiento en ambas piezas **216**, **216'**.

Un aparato único de mecanizado por CN **206** se puede configurar para mecanizar la segunda pieza de aeronave **216'**, incluyendo sus características de superficie y los orificios, sirviéndose del segundo programa de mecanizado por CN **214'**. En este caso, el aparato de mecanizado por CN que mecaniza la segunda pieza de aeronave puede ser el mismo aparato de mecanizado por CN que mecaniza la primera pieza de aeronave (como se muestra), o pueden ser aparatos de mecanizado por CN diferentes. El perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico de las características de superficie de la primera pieza de aeronave **216** y de la segunda pieza de aeronave, y el primer programa de mecanizado por CN **214** y el segundo programa de mecanizado por CN que se generan directamente a partir del primer modelo de geometría en 3D **212** y del segundo modelo de geometría en 3D, respectivamente, pueden, de esta manera, habilitar que el aparato de mecanizado por CN mecanice la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave, respectivamente, con un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico. Esto puede habilitar el montaje de las piezas sin ninguna operación posterior de calzado o lijado.

En algunos ejemplos, los orificios de la segunda pieza de aeronave en el segundo modelo de geometría en 3D **212'** se pueden dimensionar con un diámetro de orificio nominal especificado en el modelo de geometría en 3D para la segunda pieza de aeronave. En estos ejemplos, el aparato único de mecanizado por CN **206** que mecaniza la segunda pieza de aeronave **216'** puede servirse de la herramienta para la formación de orificios **208** para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave. Similar al aparato de mecanizado por CN, la herramienta para la formación de orificios que mecaniza los orificios de la segunda pieza de aeronave puede ser la misma herramienta para la formación de orificios que mecaniza los orificios de la primera pieza de aeronave **216** (como se muestra), o pueden ser diferentes herramientas para la formación de orificios.

La herramienta para la formación de orificios **208** se puede establecer con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de los orificios especificados en el modelo de geometría en 3D para la segunda pieza de aeronave **216'**, por lo que los orificios de la segunda pieza de aeronave se pueden mecanizar con sustancialmente el diámetro de orificio nominal en los modelos geométricos 3D de esta. En algunos ejemplos, el diámetro de orificio nominal especificado en los modelos de geometría en 3D es el diámetro sustancialmente con el que se mecanizan los orificios de la primera pieza de aeronave **216** y la segunda pieza de aeronave y puede ser el mismo y un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción. Esto puede habilitar la instalación de

elementos de sujeción para montar la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave sin ninguna operación posterior de perforación, escariado o calzado. Los ejemplos de tipos adecuados de elementos de sujeción incluyen pernos o tornillos con rosca externa, remaches, pasadores o similares.

En una implementación de ejemplo, la pieza de aeronave **216**, el modelo de geometría en 3D **212** y el programa de mecanizado por CN **214** son una primera pieza de aeronave, un primer modelo de geometría en 3D y un primer programa de mecanizado por CN, y el modelador de geometría en 3D **202** está configurado para crear una pluralidad de modelos de geometría en 3D para una pluralidad de piezas que se desea montar con la primera pieza. Por consiguiente, en una implementación de ejemplo, se proporciona un método para fabricar piezas de aeronaves para un conjunto, que comprende crear un primer programa de mecanizado por CN 214 para una primera pieza de aeronave basado en un primer modelo de geometría en 3D creado, en donde se crea una pluralidad de modelos de geometría en 3D adicionales con orificios y características de superficie con dimensiones nominales para una pluralidad de piezas que se desea montar con la primera pieza para formar un conjunto. Como tal, el método comprende crear una pluralidad de modelos de geometría en 3D para una pluralidad de piezas que se desea montar con la primera pieza, en donde los programas de mecanizado por CN para mecanizar cada pieza se crean a partir de cada uno de la pluralidad de modelos de geometría en 3D que incluye perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas, de tal manera que la pluralidad de piezas se mecanizan por CN basándose en modelos de geometría en 3D que tienen perfiles de características de superficie idénticos para producir una pluralidad de piezas con perfiles de superficie de acoplamiento sustancialmente idénticos.

En la implementación de ejemplo anterior, el método puede comprender, además, la etapa de crear un grupo de modelos de geometría en 3D con orificios y características de superficie con dimensiones nominales para una pluralidad de piezas que se desea montar con la primera pieza, incluyendo cada uno de los modelos de geometría en 3D perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas, y la etapa de mecanizar cada una de la pluralidad de piezas que se desean montar con la primera pieza utilizando programas de mecanizado por CN que se crean cada uno en base al modelo de geometría en 3D para cada pieza respectiva, de tal manera que cada una de la pluralidad de piezas individuales se mecaniza para que tenga superficies de acoplamiento sustancialmente idénticas en base al grupo de modelos de geometría en 3D que incluyen perfiles de características de superficie idénticas para las superficies de acoplamiento respectivas de las piezas de acoplamiento respectivas.

En la implementación de ejemplo anterior, el método puede comprender, además, la etapa de crear un grupo de modelos de geometría en 3D con orificios y características de superficie con dimensiones nominales para una pluralidad de piezas que se desea montar con la primera pieza, incluyendo cada uno de los modelos de geometría en 3D perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas, y la etapa de enviar modelos de geometría en 3D individuales a diferentes plantas de fabricación individuales para crear programas de mecanizado por CN basados en modelos de geometría en 3D que tienen perfiles de características de superficie idénticos. De este modo, el método funciona para mecanizar una pluralidad de piezas individuales en una serie de plantas de fabricación diferentes para que tenga perfiles de superficie de acoplamiento sustancialmente idénticos basados en el grupo de modelos de geometría en 3D que incluyen perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas de las piezas de acoplamiento respectivas.

En la implementación de ejemplo, el método incluye un subgrupo de la pluralidad de piezas que se mecanizan en diferentes plantas de fabricación, cada una de las cuales tiene un aparato de mecanizado controlado numéricamente, en lugar de mecanizar todas las piezas en la misma planta de fabricación. Por consiguiente, el método comprende, además, las etapas de crear un grupo de modelos de geometría en 3D con orificios y características de superficie con dimensiones nominales para una pluralidad de piezas que se desea montar con la primera pieza, incluyendo cada uno de los modelos de geometría en 3D perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas, y enviar modelos de geometría en 3D individuales a diferentes plantas de fabricación individuales para crear programas de mecanizado por CN basados en modelos de geometría en 3D que tienen perfiles de características de superficie idénticos, para mecanizar una pluralidad de piezas individuales en una serie de plantas de fabricación diferentes para que tenga superficies de acoplamiento sustancialmente idénticas basadas en el grupo de modelos de geometría en 3D que incluyen perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas de las piezas de acoplamiento respectivas. En la implementación de ejemplo, el método también implica mecanizar las piezas que se desean mecanizar por CN a una temperatura sustancialmente constante que sea eficaz para mecanizar de manera uniforme los orificios y las superficies de cada pieza con dimensiones nominales en una pluralidad de diferentes plantas de fabricación individuales, de tal manera que la pluralidad de piezas se mecanizan por CN basándose en modelos de geometría en 3D que tienen perfiles de características de superficie idénticos para que tengan superficies de acoplamiento sustancialmente idénticas sin expansión térmica debido a las diferentes temperaturas que tienen efectos sobre las dimensiones de los orificios y las superficies mecanizadas. Del mismo modo, cada una de las piezas que se desean mecanizar puede estar soportada sobre un accesorio para inhibir la deflexión de la pieza durante el mecanizado de los orificios y las superficies con dimensiones nominales, donde la pieza puede ser una sección de bastidor alargada que tenga porciones de extremo que pueden deformarse como resultado de la elasticidad, el peso, la longitud, etc. de la pieza.

La figura 3 ilustra un sistema de montaje de componentes **300** que, en algunos ejemplos, puede corresponder al

subconjunto de montaje de componentes **104** de la figura 1. Como se indicó anteriormente y se explica con mayor detalle a continuación, el sistema de montaje de componentes puede facilitar el montaje de una estructura de aeronave sin el uso de calzas, accesorios de ubicación o plantillas de perforación de tamaño de orificio final. De conformidad con las implementaciones de ejemplo, el conjunto de aeronave puede estar compuesto por una pluralidad de secciones que incluyen una primera y una segunda sección de bastidor **302, 304**, una sección de bastidor de interconexión **306** y una pluralidad de secciones de acoplamiento estructural **308**. En algunos ejemplos, al menos dos de estas secciones **302-308** puede ser mecanizadas por CN, por ejemplo, mediante un subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102, 200** basado en los modelos de geometría en 3D respectivos de este. Y en estos ejemplos, las secciones en los modelos en 3D respectivos pueden tener un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico, de tal manera que las secciones se pueden mecanizar para que tengan un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico.

Como se muestra en la figura 3, el sistema de montaje de componentes **300** puede incluir uno o más de cada uno de una serie de componentes, tales como soportes ajustables **310** y un sistema de metrología láser **312**. La primera y la segunda secciones de bastidor **302, 304** pueden estar soportadas sobre soportes ajustables respectivos situados para alinear la primera y la segunda secciones de bastidor en una relación de separación. En algunos ejemplos, el sistema de metrología láser **312** se puede utilizar para situar los soportes ajustables en las posiciones de referencia para situar y alinear la primera y la segunda secciones de bastidor en la relación de separación.

La sección de bastidor de interconexión **306** puede situarse entre la primera y la segunda secciones de bastidor **302, 304**. Tal y como se explica con mayor detalle a continuación, en algunos ejemplos, la primera y la segunda secciones de bastidor pueden ser secciones de bastidor de borde de ataque y de popa, respectivamente, y la sección de bastidor de interconexión puede incluir secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior. En estos ejemplos, las secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior de la sección de bastidor de interconexión se pueden situar entre las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa sin el uso de calzas, accesorios de ubicación o plantillas de perforación de tamaño de orificio final.

Más en particular al sistema de metrología láser **312**, por ejemplo, la primera y la segunda secciones de bastidor **302, 304** pueden incluir primeros orificios de acoplamiento previamente perforados **314** que pueden alinearse entre sí, así como con los primeros orificios previamente perforados **316** en la sección de bastidor de interconexión **306**. El sistema de metrología láser se puede utilizar para situar los soportes ajustables **310** y, por lo tanto, la primera y la segunda secciones de bastidor en su relación de separación, de tal manera que sus primeros orificios previamente perforados puedan alinearse y, por lo tanto, faciliten la alineación posterior con los primeros orificios previamente perforados en la sección de bastidor de interconexión. En concreto, sin embargo, los soportes ajustables no son necesarios para ubicar la primera y la segunda secciones de bastidor respectivas o cualquiera de sus características, sino simplemente para soportar la primera y la segunda secciones de bastidor para facilitar el montaje. Las secciones de bastidor pueden ubicarse por sí mismas, tal como mediante los orificios previamente perforados, y quizás uno o más de otros orificios, características de superficie o similares. En algunos ejemplos, los soportes ajustables pueden situarse en posiciones de referencia para situar y alinear la primera y la segunda secciones de bastidor en la relación de separación, a una distancia predeterminada entre sí correspondiente a la longitud de una sección de bastidor de interconexión que se instalará entre la primera y la segunda secciones de bastidor. En concreto, cada una de la primera y la segunda secciones de bastidor puede ajustarse mediante los soportes ajustables para situar las secciones separadas a la distancia predeterminada y la alineación apropiada, y para que tenga en cuenta la deflexión que se puede producir cuando la sección o pieza es una sección alargada que tiene porciones de extremo que experimentan una deflexión mínima como resultado de la elasticidad, el peso, la longitud, etc. de la pieza.

Un operario puede alinear los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados **316** en la sección de bastidor de interconexión **306** con los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados **314** en la primera y la segunda secciones de bastidor **302, 304** e instalar elementos de sujeción **318** (por ejemplo, un tornillo o perno de rosca externa, un remache, un pasador) a través de los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados alineados. Para cada sección de acoplamiento estructural **308** de una pluralidad de secciones de acoplamiento estructurales, la sección de acoplamiento estructural puede situarse con respecto a la primera y la segunda secciones de bastidor y la sección de bastidor de interconexión. El operario puede alinear los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados **320** en la sección de acoplamiento estructural con los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados **322, 324** en al menos una de la sección de bastidor de interconexión, la primera sección de bastidor o la segunda sección de bastidor, e instalar elementos de sujeción **326** (por ejemplo, un tornillo o perno de rosca externa, un remache, un pasador) a través de los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados alineados para asegurar la sección de acoplamiento estructural. En algunos ejemplos, la sección de acoplamiento estructural se puede situar, los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados se pueden alinear y los elementos de sujeción se pueden instalar a través de los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados alineados, para que la pluralidad de secciones de acoplamiento estructural monten el conjunto de estructura de aeronave hacia adentro desde la primera y la segunda secciones de bastidor que forman una estructura de perímetro exterior de esta.

En un ejemplo, los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados **314, 316** se pueden perforar previamente antes de su alineación y perforarse previamente con sustancialmente un diámetro de orificio nominal que

es un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción **318**. De manera similar, en algunos ejemplos, los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados **320-324** se pueden perforar previamente antes de su alineación y perforarse previamente con sustancialmente un diámetro de orificio nominal que es un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción **326**. En estos ejemplos, los elementos de sujeción se pueden insertar a través de los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados alineados sin el uso de accesorios de ubicación para situar y asegurar la sección de bastidor de interconexión **306** y la primera y la segunda secciones de bastidor **302, 304** entre sí. De manera adicional o alternativa, los elementos de sujeción se pueden insertar a través de los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados alineados sin el uso de accesorios de ubicación para situar y asegurar la sección de acoplamiento estructural **308** y la sección de bastidor de interconexión, la primera sección de bastidor y/o la segunda sección de bastidor entre sí.

En una implementación de ejemplo, un método de montaje de un conjunto de estructura de aeronave comprende, además, la etapa de mecanizar por CN al menos dos de las secciones basadas en modelos de geometría en 3D respectivos de estas, teniendo las al menos dos de las secciones en los modelos en 3D respectivos un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico, de tal manera que las al menos dos de las secciones sean mecanizadas para que tengan un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico. El método puede incluir, además, la etapa de crear un grupo de modelos de geometría en 3D, que tenga orificios y características de superficie con dimensiones nominales, para montar una pluralidad de piezas, incluyendo cada uno de los modelos de geometría en 3D perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas. El método incluye, además, la etapa de mecanizar cada una de la pluralidad de piezas que se desean montar utilizando programas de mecanizado por CN que se crean cada uno en base al modelo de geometría en 3D para cada pieza respectiva, de tal manera que cada una de la pluralidad de piezas individuales se mecaniza para que tenga superficies de acoplamiento sustancialmente idénticas en base al grupo de modelos de geometría en 3D que incluyen perfiles de características de superficie idénticas para las superficies de acoplamiento respectivas de las piezas de acoplamiento respectivas.

El método puede comprender, además, la etapa de enviar modelos de geometría en 3D individuales a partir del conjunto a diferentes plantas de fabricación individuales para crear programas de mecanizado por CN basados en modelos de geometría en 3D que tengan perfiles de características de superficie idénticos. De este modo, el método funciona para mecanizar una pluralidad de piezas individuales en una serie de plantas de fabricación diferentes para que tenga perfiles de superficie de acoplamiento sustancialmente idénticos basados en el grupo de modelos de geometría en 3D que incluyen perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas de las piezas de acoplamiento respectivas.

Por consiguiente, un método de ejemplo de montaje de un conjunto de estructura de aeronave puede comprender montar la primera y la segunda secciones de bastidor con una sección de interconexión y otras secciones de conexión interna, en donde una pluralidad de las piezas de sección de bastidor individuales se mecanizan en una serie de plantas de fabricación diferentes para que tenga perfiles de superficie de acoplamiento sustancialmente idénticos basados en el grupo de modelos de geometría en 3D que incluyen perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas de las piezas de acoplamiento respectivas, en lugar de mecanizar todas las piezas de la sección de bastidor en la misma planta de fabricación. En el método de ejemplo, se mecaniza una pluralidad de orificios en cada una de la primera y la segunda secciones de bastidor, la sección de interconexión y otras secciones de conexión interna, con una dimensión nominal para un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción, en donde las piezas de sección de bastidor individuales se mecanizan en una serie de plantas de fabricación diferentes, utilizando programas de mecanizado por CN basados en el grupo de modelos de geometría en 3D, para mecanizar diámetros y ubicaciones de orificios con dimensiones sustancialmente nominales para cada una de las piezas y/o secciones. En lugar de mecanizar o perforar todos los orificios para dos o más piezas de acoplamiento con un tamaño de orificio final en la misma planta de fabricación para garantizar que los orificios estén alineados y perforados con un tamaño de elemento de sujeción (por ejemplo, utilizando una plantilla de perforación de tamaño de orificio final para perforar orificios en una operación de mecanizado secundaria después del mecanizado por CN de las piezas), un subgrupo del grupo de modelos de geometría en 3D se envía a diferentes plantas de fabricación individuales para crear programas de mecanizado por CN basados en los modelos de geometría en 3D para mecanizar una pluralidad de piezas individuales en una serie de plantas de fabricación diferentes, donde las piezas y/o secciones de bastidor se perforaron previamente con dimensiones nominales para un tamaño de orificio final correspondiente a un elemento de sujeción en una serie de plantas de fabricación diferentes. Si bien los orificios para la pluralidad de piezas o secciones de bastidor se perforaron previamente en una serie de plantas de fabricación diferentes, debido a que las piezas se mecanizaron utilizando programas de mecanizado por CN basados en conjuntos de modelos de geometría en 3D para mecanizar y perforar previamente orificios con dimensiones de ubicación y tamaño nominales en un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (sin ninguna operación secundaria para fijar piezas y perforar orificios), los orificios previamente perforados mecanizados por CN con diámetros y ubicaciones con dimensiones nominales habilitan el montaje de la pluralidad de secciones de bastidor alineando los orificios de acoplamiento previamente perforados en las piezas correspondientes e insertando elementos de sujeción a través de los orificios de acoplamiento previamente perforados alineados sin utilizar accesorios de ubicación para situar y asegurar las secciones de bastidor entre sí o

plantillas de perforación para perforar orificios con el tamaño de orificio final en el momento del montaje.

Las figuras 4-14 ilustran una porción de un sistema de montaje de componentes **400** que, en algún ejemplo, puede corresponder al sistema de montaje de componentes **300** de la figura 3 y el cual puede ser útil para montar una estructura de aeronave sin el uso de ningún dispositivo de ubicación para la alineación de las secciones o plantillas de perforación de tamaño de orificio final para perforar orificios. El sistema de montaje de componentes se muestra como que es útil para montar un conjunto de ala de aeronave, pero debería entenderse que el sistema de montaje de componentes puede ser útil para montar cualquiera de una serie de estructuras de aeronave diferentes. Como se muestra en las figuras 6-14, el conjunto de ala de aeronave puede estar compuesto por una pluralidad de secciones que incluyen, por ejemplo, las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa **602, 604**, las secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior **702, 704**, y una pluralidad de miembros estructurales internos **902**, incluyendo un larguero principal **902'**, que se puede montar hacia adentro desde una estructura de perímetro exterior que incluye las secciones de bastidor y las secciones a lo largo de la envergadura.

Como se muestra en la figura 4 y, más en particular, en la figura 5, el sistema puede incluir soportes ajustables **402**, cada uno de los cuales incluye un soporte angular ajustable **404**. El soporte angular ajustable puede incluir una base **502**, sobre la cual puede estar asegurada una abrazadera **504** de manera ajustable, tal como mediante una rueda de estrella **506** a través de una abertura alargada **508** definida en la abrazadera. El soporte angular también puede incluir un pasador **510** y una rueda de estrella **512** para unir una sección de la estructura de aeronave al soporte ajustable. El soporte angular también puede incluir uno o más pasadores de posición nominal **514** para la verificación de la precisión del montaje si así se desea. El soporte angular se puede deslizar para acomodar la inserción de piezas en el conjunto o acomodar el crecimiento de tolerancia del conjunto si es necesario.

Como se muestra en la figura 6, los soportes ajustables **402** puede soportar las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa **602, 604** y se pueden situar para alinear las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa en una relación de separación. En algunos ejemplos, los soportes ajustables pueden situarse en las posiciones de referencia para situar y alinear las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa en la relación de separación, a una distancia predeterminada entre sí correspondiente a la longitud de una sección de bastidor de interconexión que se instalará entre las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa. En concreto, cada una de las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa puede ajustarse mediante los soportes ajustables **402** para situar las secciones separadas a la distancia predeterminada y la alineación apropiada, y para que tenga en cuenta la deflexión que se puede producir cuando la sección o pieza es una sección alargada que tiene porciones de extremo que experimentan una deflexión mínima como resultado de la elasticidad, el peso, la longitud, etc. Esto se puede lograr, por ejemplo, utilizando un sistema de metrología láser (por ejemplo, el sistema de metrología láser **312**) del sistema de montaje de componentes **400**.

Como se muestra en la figura 7, las secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior **702, 704** pueden situarse entre las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa. Los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados en las secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior se pueden alinear con los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados en las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa, y los elementos de sujeción se pueden instalar a través de los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados alineados, para, de esta manera, formar una estructura de perímetro exterior del conjunto de ala de aeronave. Como se indica en la figura 7, esto se muestra en la figura 8 para la alineación de los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados **802** en la sección a lo largo de la envergadura interior **702** y los primeros orificios de acoplamiento previamente perforados **804** en la sección de bastidor de borde de ataque **602**, para la instalación de elementos de sujeción **806**. En la figura 8, únicamente se menciona un par de orificios alineados y únicamente se muestra un elemento de sujeción, a efectos de ilustración.

Como se muestra en las figuras 9-12, para cada miembro estructural interno **902** de la pluralidad de miembros estructurales internos, el miembro estructural interno puede situarse dentro de la estructura de perímetro exterior (incluyendo las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa **602, 604**, y las secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior **702, 704**). Los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados en el miembro estructural interno pueden alinearse con los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados en al menos uno de otro miembro estructural interno, la sección a lo largo de la envergadura interior o la sección a lo largo de la envergadura exterior, y los elementos de sujeción se pueden instalar a través de los segundos orificios alineados previamente perforados alineados para asegurar el miembro estructural interno. Como se indica en la figura 9, esto se muestra más en particular en la figura 10 para la alineación de los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados **1002** en el larguero principal **902'** y los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados **1004** en otro miembro estructural interno, para la instalación de elementos de sujeción **1006**. En la figura 10, únicamente se menciona un par de orificios alineados y únicamente se muestra un elemento de sujeción, a efectos de ilustración.

La figura 11 ilustra miembros estructurales internos adicionales **1102** (únicamente algunos de los cuales se mencionan) asegurados a la estructura de perímetro exterior; y, como se indica, la figura 12 ilustra la alineación de los segundos orificios de acoplamiento previamente perforados **1202** en un miembro estructural interno con los segundos

orificios de acoplamiento previamente perforados **1204** en la sección a lo largo de la envergadura interior **702**, para la instalación de elementos de sujeción **1206**. En la figura 12, únicamente se mencionan dos pares de orificios alineados y únicamente se muestran dos elementos de sujeción, a efectos de ilustración.

5 Como se muestra en la figura 13, en algunos ejemplos, el conjunto de ala de aeronave puede estar compuesto, además, por una o más porciones de revestimiento exterior **1302**. En estos ejemplos, y de nuevo sin el uso de accesorios de ubicación o plantillas de perforación de tamaño de orificio final, las porciones de revestimiento exterior se pueden situar con respecto a la estructura de perímetro exterior. Los terceros orificios de acoplamiento previamente perforados en la porción o porciones de revestimiento exteriores se pueden alinear con los terceros orificios de acoplamiento previamente perforados en la estructura de perímetro exterior y los elementos de sujeción se pueden
10 instalar a través de los terceros orificios de acoplamiento previamente perforados alineados para asegurar las porciones de revestimiento. Esto se muestra más en particular en la figura 14, por ejemplo, para la alineación de los terceros orificios de acoplamiento previamente perforados **1402** en una porción de revestimiento exterior y los terceros orificios de acoplamiento previamente perforados **1404** en la sección a lo largo de la envergadura interior **702**, para la instalación de elementos de sujeción **1406**. Una vez más, en la figura 14, únicamente se menciona un par de orificios
15 alineados y únicamente se muestra un elemento de sujeción, a efectos de ilustración.

Por consiguiente, un método de ejemplo de montaje de un conjunto de estructura de aeronave puede comprender montar secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior **702**, **704** con secciones de borde de ataque y de bastidor de popa **602**, **604**, en donde una pluralidad de las piezas de sección de bastidor individuales se mecanizan en una serie de plantas de fabricación diferentes para que tenga perfiles de superficie de acoplamiento
20 sustancialmente idénticos basados en un grupo de modelos de geometría en 3D que incluyan perfiles de características de superficie idénticos para las superficies de acoplamiento respectivas de las secciones de acoplamiento respectivas, en lugar de mecanizar toda la sección o piezas en la misma planta de fabricación. En el método de ejemplo, se mecaniza una pluralidad de orificios en cada una de las secciones a lo largo de la envergadura interior y exterior **702**, **704** y las secciones de borde de ataque y de bastidor de popa **602**, **604**, con una dimensión nominal para un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción, en donde las secciones individuales se mecanizan en una serie de plantas de fabricación diferentes,
25 utilizando programas de mecanizado por CN basados en el grupo de modelos de geometría en 3D, para mecanizar diámetros y ubicaciones de orificios con dimensiones sustancialmente nominales para cada una de las secciones. En lugar de mecanizar o perforar todos los orificios para dos o más piezas de acoplamiento con un tamaño de orificio final en la misma planta de fabricación para garantizar que los orificios estén alineados y perforados con un tamaño de elemento de sujeción (por ejemplo, utilizando una plantilla de perforación de tamaño de orificio final para perforar orificios en una operación de mecanizado secundaria después del mecanizado por CN de las piezas), la pluralidad de secciones se perforaron previamente con dimensiones nominales para un tamaño de orificio final correspondiente a un elemento de sujeción en una serie de plantas de fabricación diferentes. Si bien los orificios para la pluralidad de secciones se perforaron previamente en una serie de plantas de fabricación diferentes, debido a que las secciones se mecanizaron utilizando programas de mecanizado por CN basados en conjuntos de modelos de geometría en 3D para mecanizar y perforar previamente orificios con dimensiones de ubicación y tamaño nominales en un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (sin ninguna operación secundaria para fijar piezas y perforar orificios), los orificios previamente perforados mecanizados por CN con diámetros y ubicaciones con dimensiones nominales
40 habilitan el montaje de la pluralidad de secciones de bastidor alineando los orificios de acoplamiento previamente perforados en las secciones correspondientes e insertando elementos de sujeción a través de los orificios de acoplamiento previamente perforados alineados, sin utilizar accesorios de ubicación para situar y asegurar las secciones de bastidor entre sí o plantillas de perforación para perforar orificios con el tamaño de orificio final en el momento del montaje.

45 La figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra diversas etapas en un método **1500** de fabricación de una pieza de aeronave para un conjunto, de acuerdo con una implementación de ejemplo de la presente divulgación. Como se muestra en el bloque **1502**, el método puede incluir crear un modelo de geometría en 3D para una pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. Las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría en 3D se pueden dimensionar con una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, respectivamente, y tienen respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos.
50

Como se muestra en el bloque **1504**, el método puede incluir generar un programa de mecanizado por CN directamente a partir del modelo de geometría en 3D. El programa de mecanizado por CN tiene instrucciones para que un aparato único de mecanizado por CN mecanice la pieza de aeronave, incluyendo las características de superficie y los orificios, incluyendo instrucciones para mecanizar los orificios con el diámetro de orificio nominal.
55

Como se muestra en el bloque **1506**, el método puede incluir mecanizar la pieza de aeronave, incluyendo las características de su superficie y los orificios en el aparato único de mecanizado por CN sirviéndose del programa de mecanizado por CN. El aparato de mecanizado por CN se sirve de una herramienta para la formación de orificios para mecanizar los orificios. De acuerdo con esta implementación de ejemplo, la herramienta para la formación de orificios
60 puede establecerse con sustancialmente el diámetro de orificio nominal, en lugar de en un lado alto o un lado bajo del

intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir requisitos de tolerancia y dimensionamiento geométricos estrictos, por lo que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal.

La figura 16 es un diagrama de flujo que ilustra diversas etapas en un método **1600** de fabricación de una pieza de aeronave para un conjunto, de acuerdo con otra implementación de ejemplo de la presente divulgación. Como se muestra en el bloque **1602**, el método puede incluir crear un modelo de geometría en 3D para una pieza de aeronave que tenga características de superficie y los orificios representados por este. Las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría en 3D se pueden dimensionar con una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, respectivamente, y tienen respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos.

Como se muestra en el bloque **1604**, el método puede incluir generar un programa de mecanizado por CN directamente a partir del modelo de geometría en 3D. El programa de mecanizado por CN tiene instrucciones para que un aparato único de mecanizado por CN mecanice la pieza de aeronave, incluyendo las características de superficie y los orificios, incluyendo instrucciones para mecanizar las características de superficie con la dimensión de característica de superficie nominal.

Como se muestra en el bloque **1606**, el método puede incluir mecanizar la pieza de aeronave, incluyendo las características de su superficie y los orificios en el aparato único de mecanizado por CN sirviéndose del programa de mecanizado por CN. El aparato de mecanizado por CN se sirve de una herramienta para el mecanizado de superficies para mecanizar las características de superficie. De acuerdo con esta implementación de ejemplo, la herramienta para el mecanizado de superficies se establece con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal, en lugar de en un lado alto o un lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir requisitos de tolerancia y dimensionamiento geométricos estrictos, por lo que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal.

De acuerdo con las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación, el subsistema de mecanizado y definición basado en modelos **102y** el subsistema de mecanizado y definición basado en modelos de ejemplo **200** y sus subsistemas, incluyendo el modelador de geometría en 3D **202** y/o el generador de programas de CN **204**, pueden implementarse por diversos medios. Los medios para implementar el subsistema de mecanizado y definición basado en modelos y sus subsistemas pueden incluir *hardware*, solo o bajo la dirección de uno o más programas informáticos desde un medio de almacenamiento legible por ordenador. En algunos ejemplos, uno o más aparatos se pueden configurar para funcionar como, o implementar de otro modo, el subsistema de mecanizado y definición basado en modelos y sus subsistemas mostrados y descritos en el presente documento. En ejemplos que involucran más de un aparato, los aparatos respectivos pueden estar conectados, o en comunicación entre sí de otro modo, de una serie de maneras diferentes, tal como directa o indirectamente por medio de una red cableada o inalámbrica o similar.

La figura 17 ilustra un aparato **1700** de acuerdo con algunas implementaciones de ejemplo de la presente divulgación. Por lo general, un aparato de las implementaciones de ejemplo de la presente divulgación puede comprender, incluir o estar incorporado en uno o más dispositivos electrónicos fijos o portátiles. Ejemplos de dispositivos electrónicos adecuados incluyen un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador portátil, un ordenador de escritorio, un ordenador de estación de trabajo, un ordenador servidor o similares. El aparato puede incluir uno o más de cada uno de una serie de componentes tales como, por ejemplo, un procesador **1702** (por ejemplo, una unidad de procesador) conectado a una memoria **1704** (por ejemplo, un dispositivo de almacenamiento).

El procesador **1702** es, en general, cualquier *hardware* informático que sea capaz de procesar información, tal como, por ejemplo, datos, programas informáticos y/u otra información electrónica adecuada. El procesador está compuesto por una colección de circuitos electrónicos, algunos de los cuales pueden estar empaquetados como un circuito integrado o múltiples circuitos integrados interconectados (un circuito integrado a veces más comúnmente denominado "chip"). El procesador puede estar configurado para ejecutar programas informáticos, que pueden almacenarse a bordo del procesador, o almacenarse de otro modo, en la memoria **404** (del mismo o de otro aparato).

El procesador **1702** puede ser una serie de procesadores, un núcleo multiprocesador o algún otro tipo de procesador, en función de la implementación particular. Asimismo, el procesador puede implementarse utilizando una serie de sistemas de procesadores heterogéneos en los que está presente un procesador principal con uno o más procesadores secundarios en un único chip. Como otro ejemplo ilustrativo, el procesador puede ser un sistema multiprocesador simétrico que contiene múltiples procesadores del mismo tipo. En aún otro ejemplo más, el procesador puede estar incorporado, o incluir de otra manera, uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices de puertas lógicas programables en campo (FPGA) o similares. De este modo, aunque el procesador puede ser capaz de ejecutar un programa informático para llevar a cabo una o más funciones, el procesador de diversos ejemplos puede ser capaz de llevar a cabo una o más funciones sin la ayuda de un programa informático.

La memoria **1704** es, en general, cualquier *hardware* informático que sea capaz de almacenar información, tal como, por ejemplo, datos, programas informáticos (por ejemplo, el código de programa legible por ordenador **1706**) y/u otra información adecuada, ya sea de manera temporal y/o de manera permanente. La memoria puede incluir una memoria

5 volátil y/o no volátil y puede ser fija o extraíble. Los ejemplos de memoria adecuada incluyen una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), un disco duro, una memoria flash, una memoria USB, un disquete de ordenador extraíble, un disco óptico, una cinta magnética o alguna combinación de lo anterior. Los discos ópticos pueden incluir disco compacto (una memoria de solo lectura (CD-ROM), un disco compacto) lectura/escritura (CD-R/W), DVD o similares. En diversos ejemplos, la memoria puede denominarse medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento legible por ordenador es un dispositivo no transitorio capaz de almacenar información y se distingue de los medios de transmisión legibles por ordenador, tales como las señales transitorias electrónicas capaces de transportar información de una ubicación a otra. El medio legible por ordenador, como se describe en el presente documento, puede referirse, en general, a un medio de almacenamiento legible por ordenador o a un medio de transmisión legible por ordenador.

15 Además de la memoria **1704**, el procesador **1702** también se puede conectar a una o más interfaces para la visualización, la transmisión y/o la recepción de información. Las interfaces pueden incluir una interfaz de comunicaciones **1708** (por ejemplo, una unidad de comunicaciones) y/o una o más interfaces de usuario. La interfaz de comunicaciones se puede configurar para transmitir y/o recibir información, tal como hacia y/o desde otro aparato o aparatos, red o redes o similares. La interfaz de comunicaciones se puede configurar para transmitir y/o recibir información mediante enlaces de comunicaciones físicos (cableados) y/o inalámbricos. Los ejemplos de interfaces de comunicación adecuadas incluyen un controlador de interfaz de red (NIC), un NIC inalámbrico (WNIC) o similares.

20 Las interfaces de usuario pueden incluir una pantalla **1710** y/o una o más interfaces de entrada de usuario **1712** (por ejemplo, una unidad de entrada/salida). La pantalla se puede configurar para presentar o mostrar información a un usuario, cuyos ejemplos adecuados incluyen una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de diodos emisores de luz (LED), un panel de pantalla de plasma (PDP) o similares. Las interfaces de entrada de usuario pueden ser cableadas o inalámbricas y se pueden configurar para recibir información de un usuario en el aparato, tal como para procesar, almacenar y/o visualizar. Los ejemplos adecuados de interfaces de entrada de usuario incluyen un micrófono, dispositivo de captura de imagen o vídeo, un teclado o un teclado numérico, una palanca de mando, una superficie sensible al tacto (aparte o integrada en una pantalla táctil), un sensor biométrico o similares. Las interfaces de usuario pueden incluir, además, una o más interfaces para comunicarse con periféricos, tales como impresoras, escáneres o similares.

30 Como se ha indicado anteriormente, las instrucciones de código de programa pueden almacenarse en la memoria y ejecutarse mediante un procesador, para implementar funciones de los sistemas, subsistemas, herramientas y sus elementos respectivos descritos en el presente documento. Como se apreciará, cualquier instrucción de código de programa adecuada puede cargarse en un ordenador u otro aparato programable desde un medio de almacenamiento legible por ordenador para producir una máquina en particular, de tal manera que la máquina en particular se convierta en un medio para implementar las funciones especificadas en el presente documento. Estas instrucciones de código de programa también se pueden almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador que pueda hacer que un ordenador, un procesador u otro aparato programable funcione de una manera particular para generar, de esta manera, una máquina en particular o un artículo de fabricación en particular. Las instrucciones almacenadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador pueden producir un artículo de fabricación, donde el artículo de fabricación se convierte en un medio para implementar las funciones descritas en el presente documento. Las instrucciones de código de programa pueden recuperarse a partir de un medio de almacenamiento legible por ordenador y cargarse en un ordenador, un procesador u otro aparato programable para configurar el ordenador, el procesador u otro aparato programable para ejecutar operaciones que se desean llevar a cabo en o mediante el ordenador, el procesador u otro aparato programable.

45 La recuperación, la carga y la ejecución de las instrucciones de código de programa se pueden llevar a cabo secuencialmente, de tal manera que se recupera, se carga y se ejecuta una instrucción de una en una. En algunas implementaciones de ejemplo, la recuperación, la carga y/o la ejecución se puede llevar a cabo en paralelo, de tal manera que se recuperan, se cargan y se ejecutan múltiples instrucciones juntas. La ejecución de las instrucciones de código de programa puede producir un proceso implementado por ordenador, de tal manera que las instrucciones ejecutadas por el ordenador, el procesador u otro aparato programable proporcionen operaciones para implementar las funciones descritas en el presente documento.

50 La ejecución de instrucciones por un procesador, o el almacenamiento de instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador, admite combinaciones de operaciones para llevar a cabo las funciones especificadas. De esta manera, un aparato **1700** puede incluir un procesador **1702** y un medio de almacenamiento o memoria legible por ordenador **1704** acoplado al procesador, donde el procesador está configurado para ejecutar un código de programa legible por ordenador **1706** almacenado en la memoria. También se entenderá que una o más funciones, y combinaciones de funciones, pueden implementarse mediante sistemas y/o procesadores informáticos basados en *hardware* para fines especiales que llevarán a cabo las funciones específicas o combinaciones de *hardware* e instrucciones de código de programa para fines especiales.

Muchas modificaciones y otras implementaciones de la divulgación expuesta en el presente documento se le ocurrirán a un experto en la materia a la que pertenece la divulgación, que tienen el beneficio de las enseñanzas presentadas

5 en la descripción anterior y en los dibujos asociados. Por lo tanto, se debe entender que la divulgación no está limitada a las implementaciones específicas divulgadas y que las modificaciones y otras implementaciones están destinadas a ser incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Así mismo, si bien la descripción anterior y los dibujos asociados describen algunas implementaciones de ejemplo en el contexto de ciertas combinaciones de ejemplos de elementos y/o funciones, debe apreciarse que pueden proporcionarse diferentes combinaciones de elementos y/o funciones mediante implementaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En este sentido, por ejemplo, diferentes combinaciones de elementos y/o funciones, además de las explícitamente descritas anteriormente, también se contemplan como se puede establecer en algunas de las reivindicaciones adjuntas. Si bien se emplean términos específicos en el presente documento, estos se utilizan en un sentido genérico y descriptivo
10 únicamente y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un método (1500, 1600) de fabricación de una pieza de aeronave (216) para un conjunto, comprendiendo el método:

5 crear (1502, 1602) un modelo de geometría tridimensional (212) para una pieza de aeronave (216) que tenga características de superficie y los orificios representados por este, estando las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría tridimensional (212) dimensionados con respectivamente una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, y que tenga respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos;

10 generar (1504, 1604) un programa de mecanizado controlado numéricamente (214) directamente a partir del modelo de geometría tridimensional (212), teniendo el programa de mecanizado controlado numéricamente (214) instrucciones para un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) para mecanizar la pieza de aeronave, incluyendo sus características de superficie y los orificios, incluyendo instrucciones para mecanizar los orificios con el diámetro de orificio nominal; y

15 mecanizar la pieza de aeronave (216), incluyendo sus características de superficie y los orificios, en una única configuración de mecanizado en un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) sirviéndose del programa de mecanizado controlado numéricamente (214), en donde el aparato de mecanizado controlado numéricamente (206) se sirve (1506) de una herramienta para la formación de orificios (208) para mecanizar los orificios, estando la herramienta para la formación de orificios (208) ajustada con sustancialmente el diámetro de orificio nominal, por lo que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal,

20 en donde las instrucciones del programa de mecanizado controlado numéricamente (214) incluyen instrucciones para mecanizar las características de superficie con la dimensión de característica de superficie nominal, en donde el aparato de mecanizado controlado numéricamente (206) se sirve (1606) de una herramienta para el mecanizado de superficies (210) para mecanizar las características de superficie, estableciéndose la herramienta para el mecanizado de superficies (210) con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal, por lo que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal,

25 comprendiendo el método, además, comparar el peso de la pieza de aeronave mecanizada con un peso de referencia para la pieza de aeronave con dimensiones nominales para confirmar que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal y que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal.

30

2. El método (1500, 1600) de la reivindicación 1, que comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado controlado numéricamente (206) para establecer la herramienta para la formación de orificios (208) con un valor de compensación para mecanizar los orificios lejos del diámetro de orificio nominal hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir requisitos de tolerancia y dimensionamiento geométricos ajustados.

35

3. El método (1500, 1600) de la reivindicación 1, que comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado controlado numéricamente (206) para establecer la herramienta para el mecanizado de superficies (210) con un valor de compensación para mecanizar las características de superficie lejos de la dimensión de característica de superficie nominal hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia superficie-característica para permitir requisitos de tolerancia y dimensionamiento geométricos ajustados.

40

4. El método (1500, 1600) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde las instrucciones del programa de mecanizado controlado numéricamente incluyen instrucciones para un aparato de mecanizado controlado numéricamente multiéje para mecanizar características de superficie y los orificios en cada uno de dos o más planos ortogonales en una única configuración de mecanizado.

45 5. El método (1500, 1600) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la pieza de aeronave (216), el modelo de geometría tridimensional (212) y el programa de mecanizado controlado numéricamente (214) son cada uno el primero de estos, y en donde el método comprende, además:

50 crear un segundo modelo de geometría tridimensional (212') para una segunda pieza de aeronave (216') que tenga características de superficie y los orificios representados por este, teniendo las características de superficie de la primera pieza de aeronave (216) y de la segunda pieza de aeronave (216') en el primer modelo de geometría tridimensional (214) y el segundo modelo de geometría tridimensional (214'), respectivamente, un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico;

55 generar un segundo programa de mecanizado controlado numéricamente (214') directamente a partir del segundo modelo de geometría tridimensional (212'); y mecanizar la segunda pieza de aeronave (216), incluyendo sus características de superficie y los orificios, en un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) sirviéndose del segundo programa de mecanizado controlado numéricamente (214'), en donde las características de superficie de la primera pieza de aeronave (216) y de la segunda pieza de aeronave (216') en el primer modelo de geometría tridimensional (212) y el segundo modelo de geometría tridimensional

- (212'), respectivamente, tienen el mismo perfil de características de superficie de acoplamiento, y el primer programa de mecanizado controlado numéricamente (214) y el segundo programa de mecanizado controlado numéricamente (214') se generan directamente a partir del primer modelo de geometría tridimensional (212) y el segundo modelo de geometría tridimensional (22'), respectivamente, para habilitar, de este modo, el mecanizado de la primera pieza de aeronave (216) y la segunda pieza de aeronave (216') con un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico.
6. El método (1500, 1600) de la reivindicación 5, en donde los orificios de la segunda pieza de aeronave (216') en el segundo modelo de geometría tridimensional (212') están dimensionados con un diámetro de orificio nominal, y en donde el aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) que mecaniza la segunda pieza de aeronave (216') se sirve de una herramienta para la formación de orificios (208) para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave (216'), estableciéndose la herramienta para la formación de orificios (208) para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave (216') con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de los orificios de la segunda pieza de aeronave (216'), por lo que los orificios de la segunda pieza de aeronave (216') se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de estos.
7. El método (1500, 1600) de la reivindicación 6, en donde el diámetro de orificio nominal sustancialmente con el que se mecanizan los orificios de la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave es el mismo y un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción, permitiendo, de esta manera, la instalación de elementos de sujeción para montar la primera pieza de aeronave y la segunda pieza de aeronave sin ninguna operación posterior de perforación, escariado o calzado.
8. Un sistema (200) para fabricar una pieza de aeronave para un conjunto, que comprende:
- un sistema de CAD de modelador de geometría en 3D (202) dispuesto para crear un modelo de geometría tridimensional (212) para una pieza de aeronave (216) que tenga características de superficie y los orificios representados por este, estando las características de superficie y los orificios en el modelo de geometría tridimensional (212) dimensionados con respectivamente una dimensión de característica de superficie nominal y un diámetro de orificio nominal, y que tenga respectivamente un intervalo de tolerancia superficie-característica y un intervalo de tolerancia orificio-diámetro relacionado con estos;
- un generador de programa de CN (204) dispuesto para generar un programa de mecanizado controlado numéricamente (214) directamente a partir del modelo de geometría tridimensional (212), teniendo el programa de mecanizado controlado numéricamente (214) instrucciones para un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) para mecanizar la pieza de aeronave (216), incluyendo sus características de superficie y los orificios, incluyendo instrucciones para mecanizar las características de superficie con la dimensión de característica de superficie nominal; y
- un aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) para mecanizar la pieza de aeronave (216), incluyendo sus características de superficie y los orificios, sirviéndose del programa de mecanizado controlado numéricamente (214),
- en donde el aparato de mecanizado controlado numéricamente (206) se sirve de una herramienta para la formación de orificios (208) para mecanizar los orificios en la pieza de aeronave (216), estableciéndose la herramienta para la formación de orificios (208) con sustancialmente la dimensión de orificio-diámetro nominal, por lo que los orificios se mecanizan con sustancialmente la dimensión de orificio-diámetro nominal,
- en donde las instrucciones del programa de mecanizado controlado numéricamente (214) incluyen instrucciones para mecanizar las características de superficie con la dimensión de característica de superficie nominal, en donde el aparato de mecanizado controlado numéricamente (206) se sirve de una herramienta para el mecanizado de superficies (210) para mecanizar las características de superficie, estableciéndose la herramienta para el mecanizado de superficies (210) con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal, por lo que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal,
- estando el sistema compuesto para comparar el peso de la pieza de aeronave mecanizada con un peso de referencia para la pieza de aeronave con dimensiones nominales para confirmar que las características de superficie se mecanizan con sustancialmente la dimensión de característica de superficie nominal y que los orificios se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal.
9. El sistema (200) de la reivindicación 8, que comprende, además, deshabilitar el ingreso por parte del operario al aparato de mecanizado controlado numéricamente para establecer la herramienta para la formación de orificios (208) con un valor de compensación para mecanizar los orificios lejos de la dimensión de orificio-diámetro nominal hacia el lado alto o el lado bajo del intervalo de tolerancia orificio-diámetro para permitir requisitos de tolerancia y dimensionamiento geométricos ajustados.
10. El sistema (200) de la reivindicación 8 o 9, en donde las instrucciones del programa de mecanizado controlado numéricamente (214) incluyen instrucciones para un aparato de mecanizado controlado numéricamente multieje (206) para mecanizar características de superficie y los orificios en cada uno de dos o más planos ortogonales en una única configuración de mecanizado.

11. El sistema (200) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde la pieza de aeronave (216), el modelo de geometría tridimensional (212) y el programa de mecanizado controlado numéricamente (214) son cada uno el primero de estos, y en donde el sistema de CAD de modelador de geometría en 3D (202) crea un segundo modelo de geometría tridimensional (212') para una segunda pieza de aeronave (216') que tenga características de superficie y los orificios representados por este, teniendo las características de superficie de la primera pieza de aeronave (216) y de la segunda pieza de aeronave (216') en el primer modelo de geometría tridimensional (212) y el segundo modelo de geometría tridimensional (212'), respectivamente, un perfil de características de superficie de acoplamiento idéntico; el generador de programa de CN (204) genera un segundo programa de mecanizado controlado numéricamente (214') directamente a partir del segundo modelo de geometría tridimensional (212'); y el aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) mecaniza la segunda pieza de aeronave (216), incluyendo sus características de superficie y los orificios, sirviéndose del segundo programa de mecanizado controlado numéricamente (214), en donde las características de superficie de la primera pieza de aeronave (216) y de la segunda pieza de aeronave (216') en el primer modelo de geometría tridimensional (212) y el segundo modelo de geometría tridimensional (212'), respectivamente, tienen el mismo perfil de características de superficie de acoplamiento, y el primer programa de mecanizado controlado numéricamente (214) y el segundo programa de mecanizado controlado numéricamente (214') se generan directamente a partir del primer modelo de geometría tridimensional (212) y el segundo modelo de geometría tridimensional (212'), respectivamente, para habilitar, de este modo, el mecanizado de la primera pieza de aeronave (216) y la segunda pieza de aeronave (216') con un perfil de características de superficie de acoplamiento sustancialmente idéntico.

12. El sistema (200) de la reivindicación 11, en donde los orificios de la segunda pieza de aeronave (216') en el segundo modelo de geometría tridimensional (214') están dimensionados con un diámetro de orificio nominal, y en donde el aparato único de mecanizado controlado numéricamente (206) que mecaniza la segunda pieza de aeronave (216') se sirve de una herramienta para la formación de orificios (208) para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave (216'), estableciéndose la herramienta para la formación de orificios (208) para mecanizar los orificios de la segunda pieza de aeronave (216') con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de los orificios de la segunda pieza de aeronave (216'), por lo que los orificios de la segunda pieza de aeronave (216') se mecanizan con sustancialmente el diámetro de orificio nominal de estos.

13. El sistema (200) de la reivindicación 12, en donde el diámetro de orificio nominal sustancialmente con el que se mecanizan los orificios de la primera pieza de aeronave (216) y la segunda pieza de aeronave (216') es el mismo y un tamaño de orificio final para un diámetro de orificio de clase correspondiente a un elemento de sujeción, permitiendo, de esta manera, la instalación de elementos de sujeción para montar la primera pieza de aeronave (216) y la segunda pieza de aeronave (216') sin ninguna operación posterior de perforación, escariado o calzado.

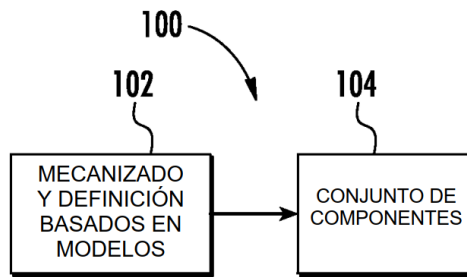


FIG. 1

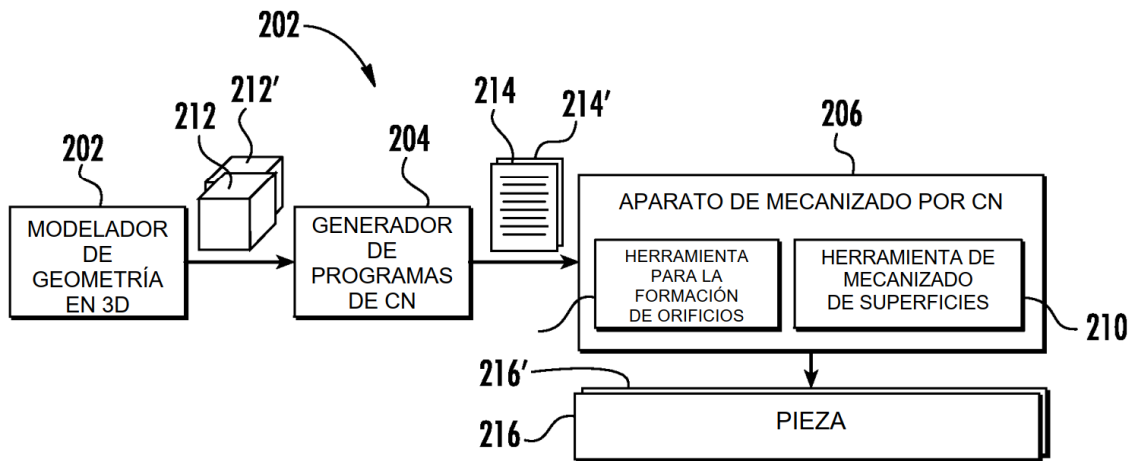


FIG. 2

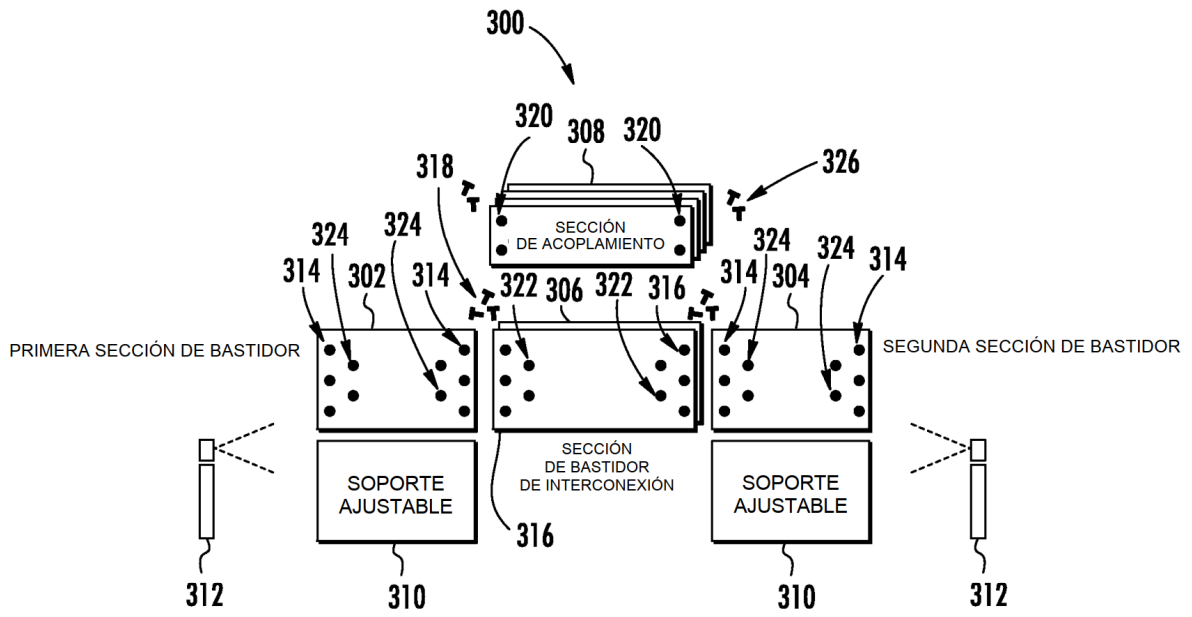


FIG. 3

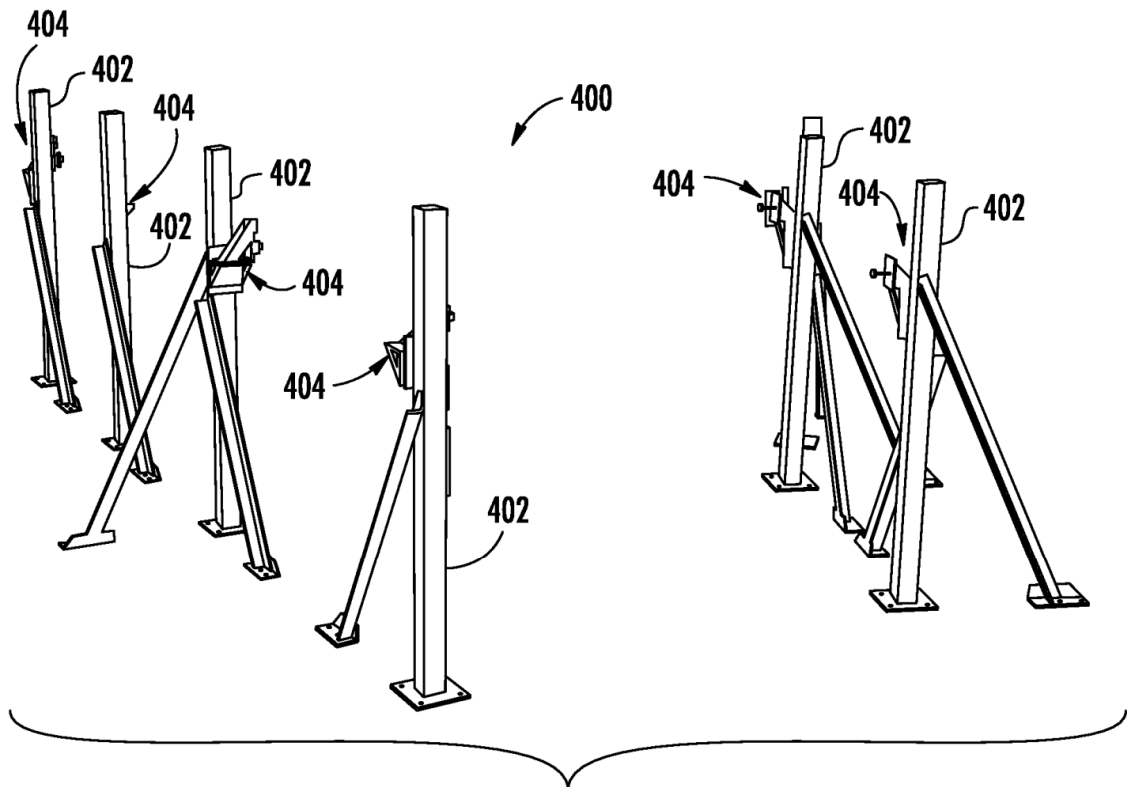


FIG. 4

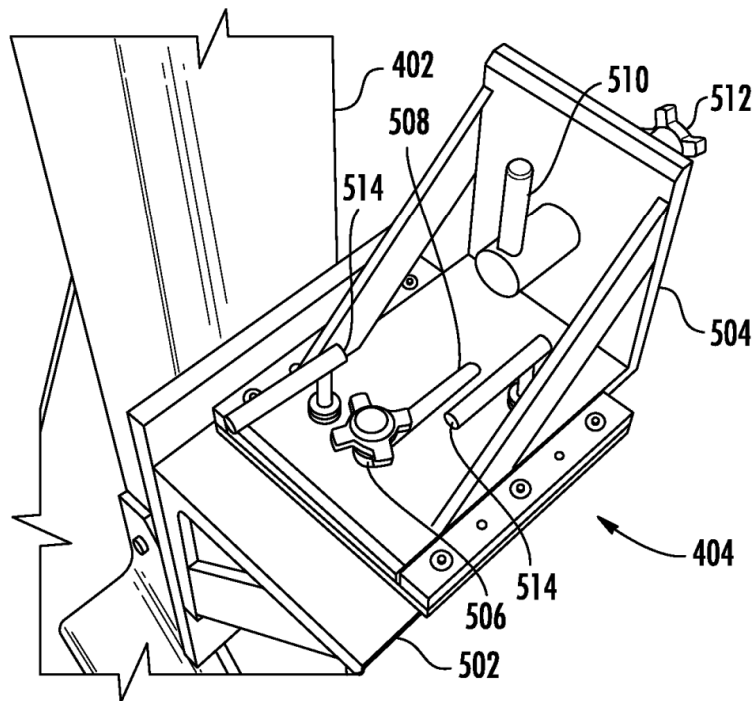


FIG. 5

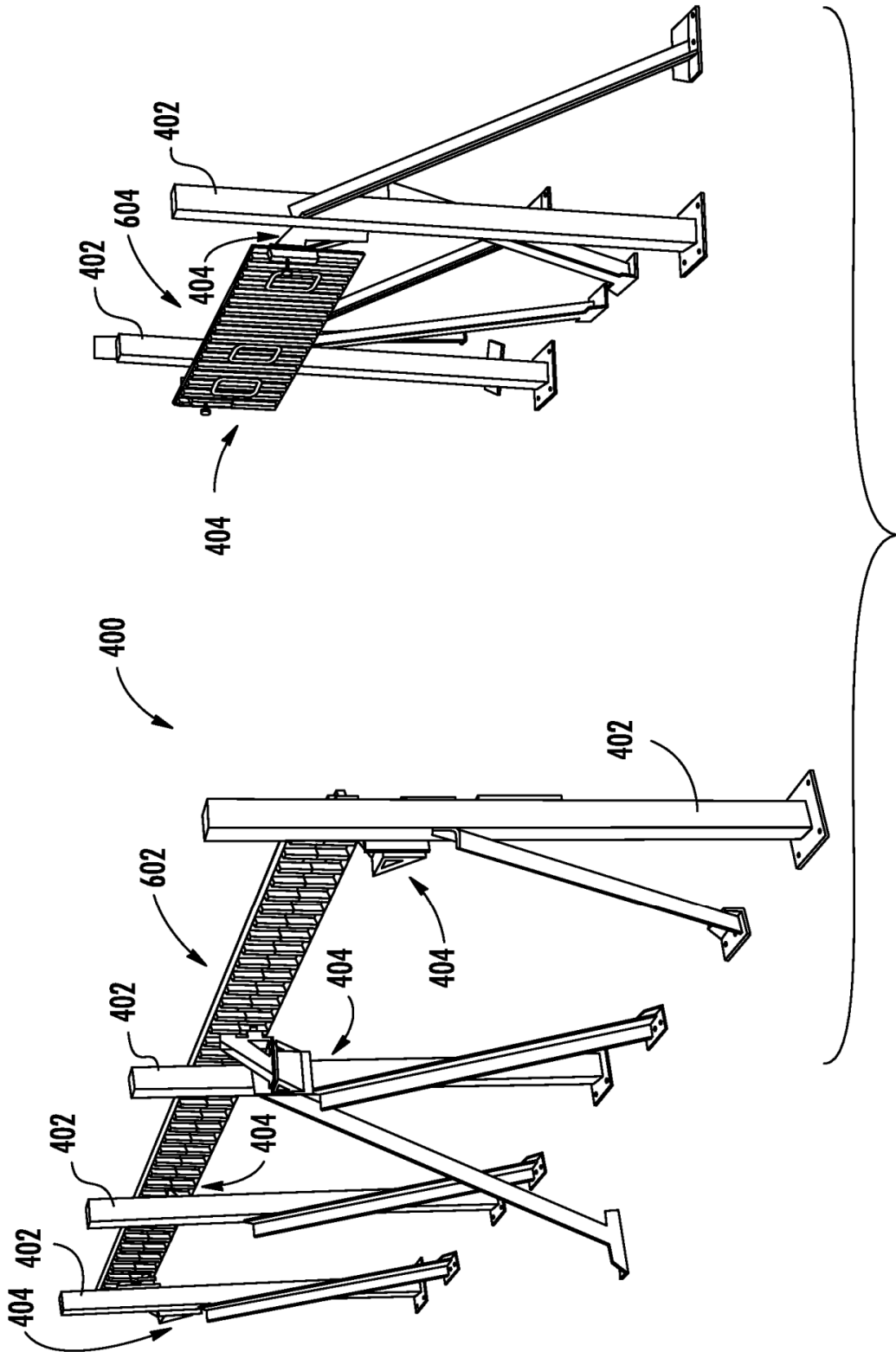


FIG. 6

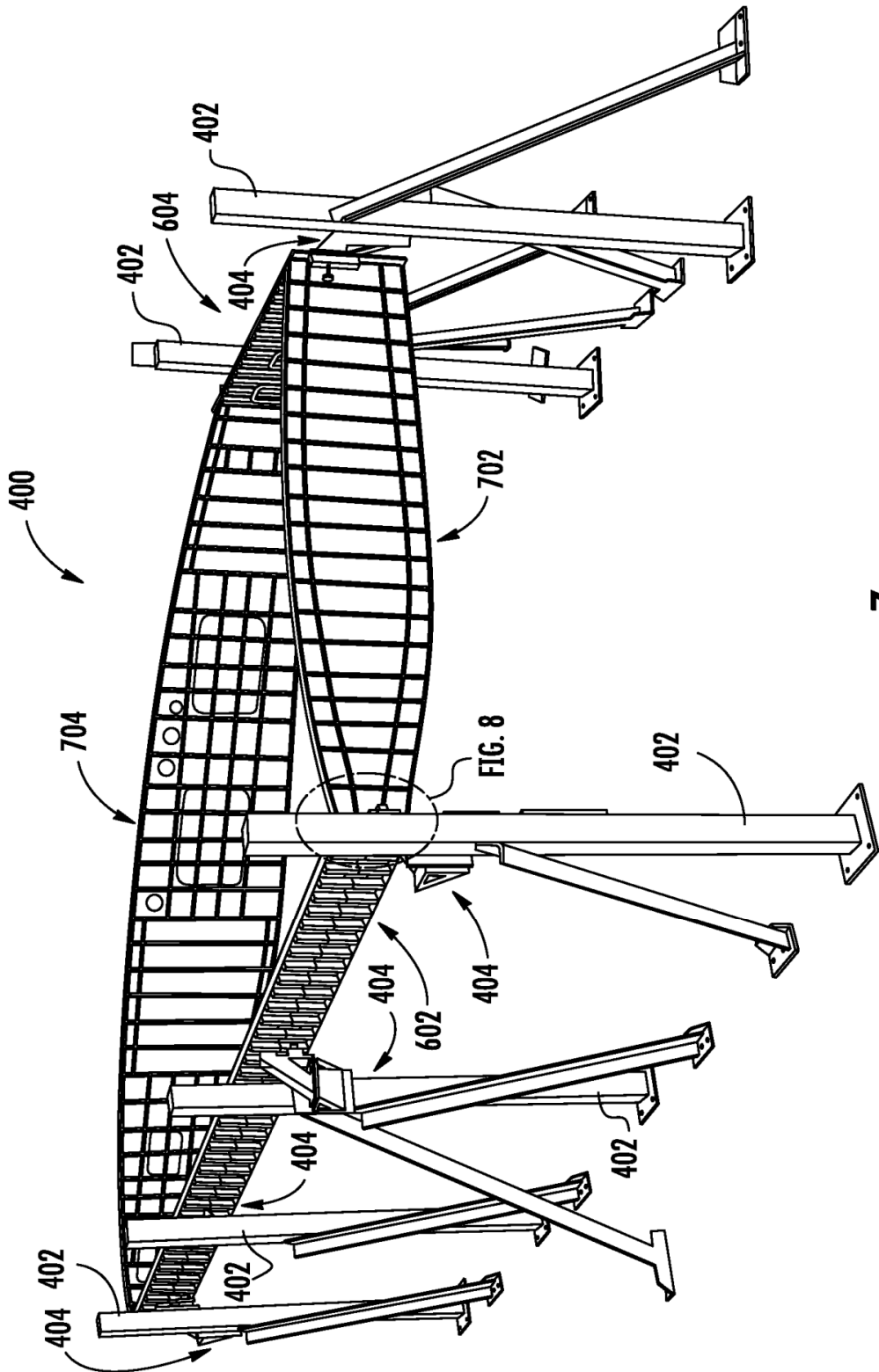


FIG. 7

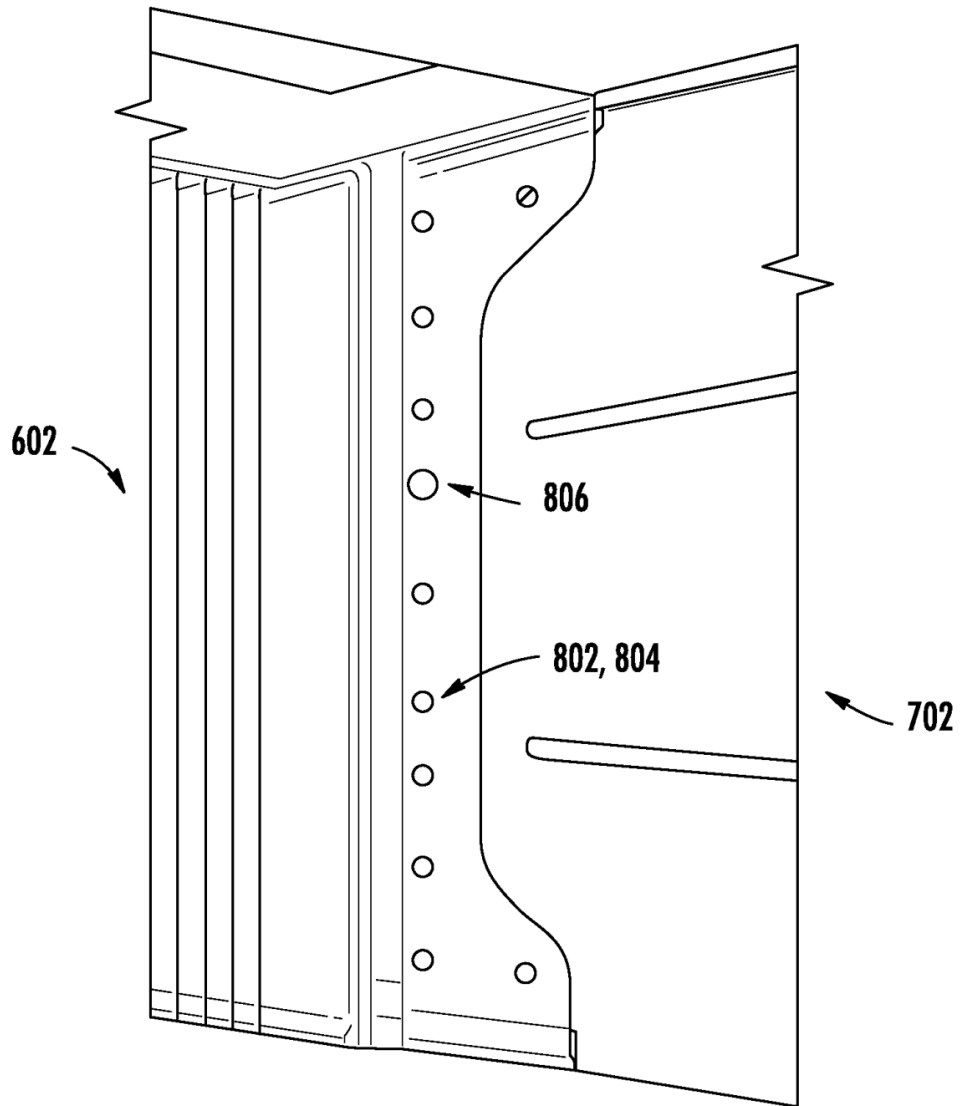


FIG. 8

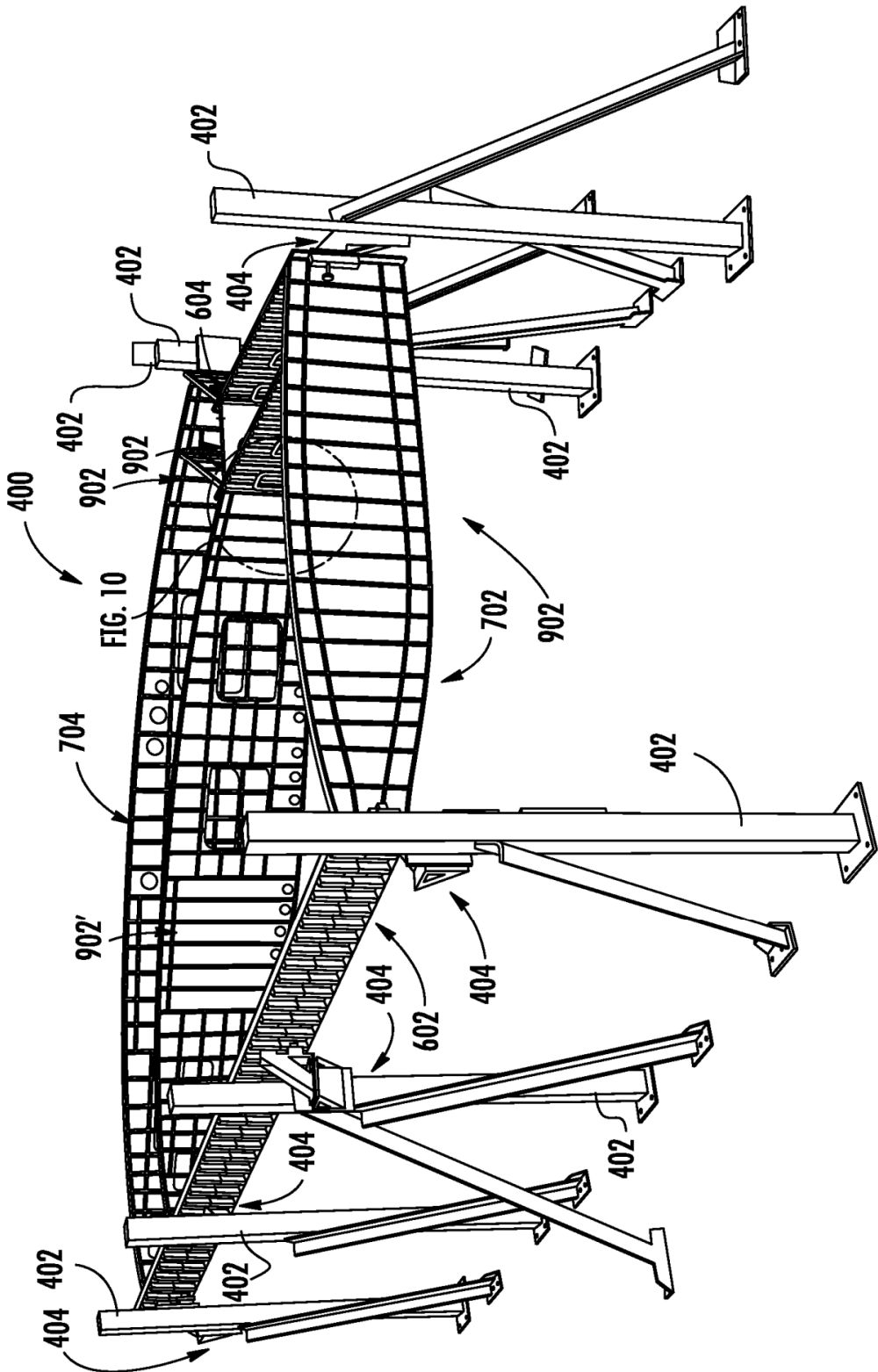


FIG. 9

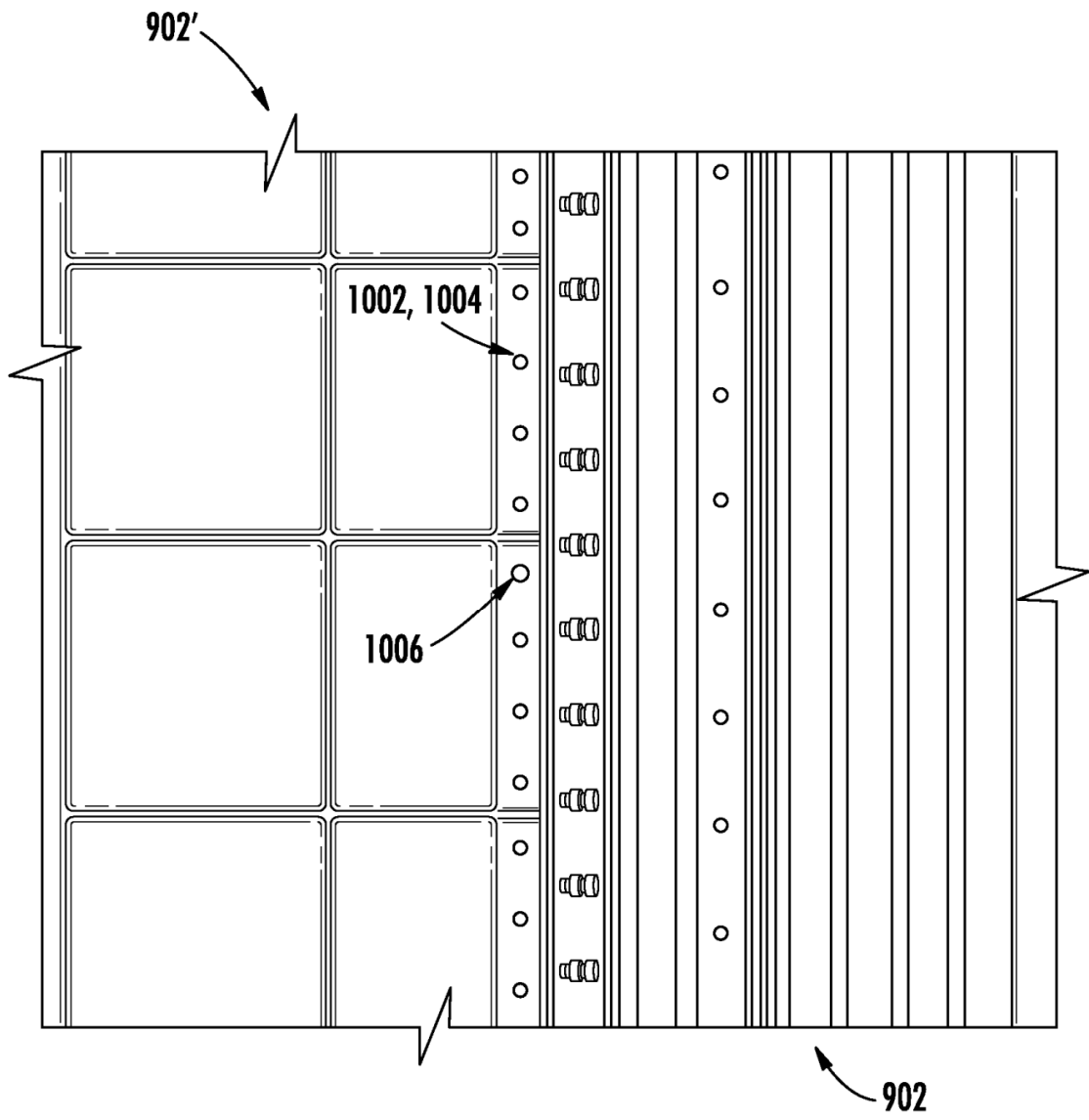


FIG. 10

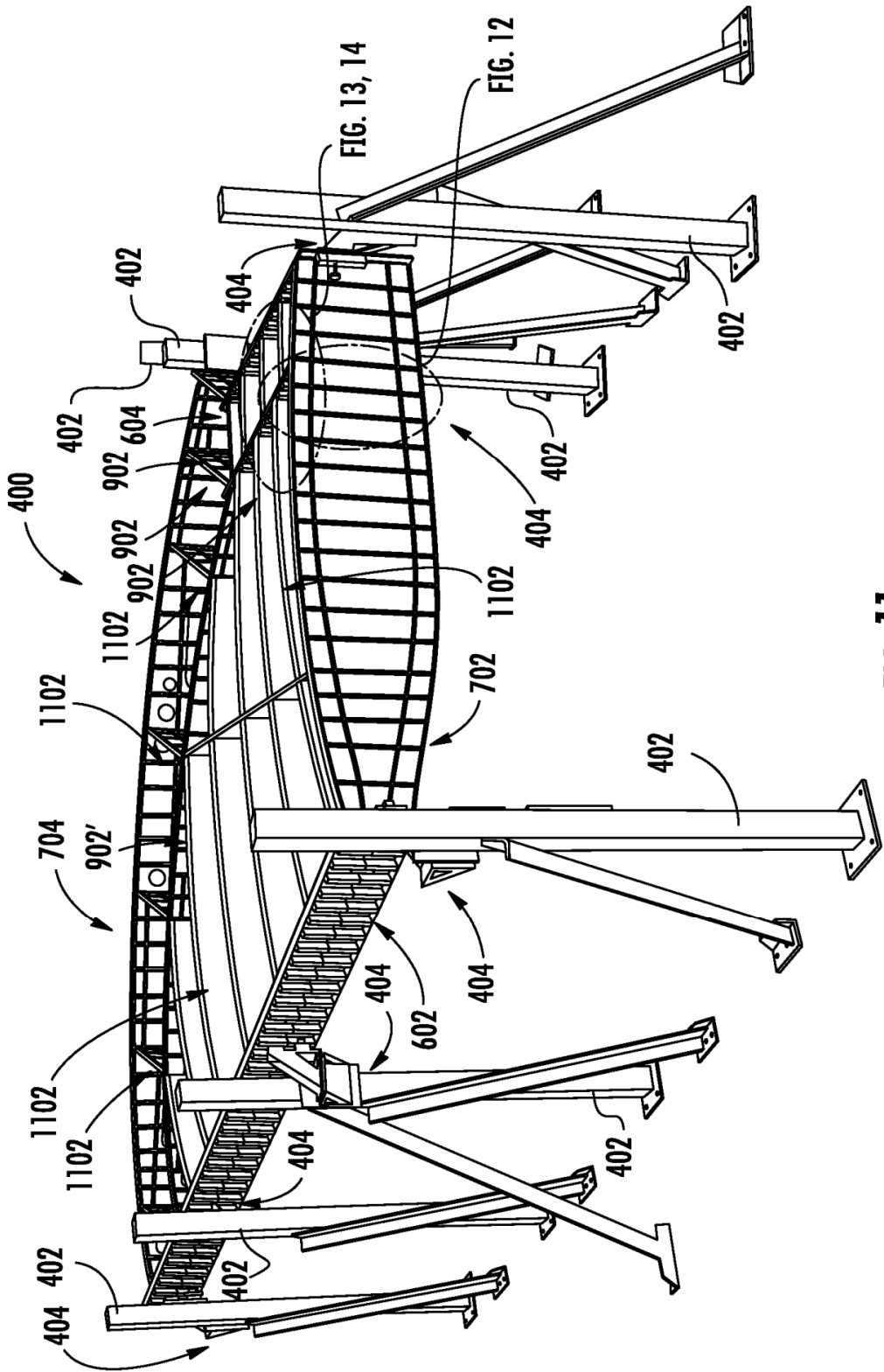


FIG. 11

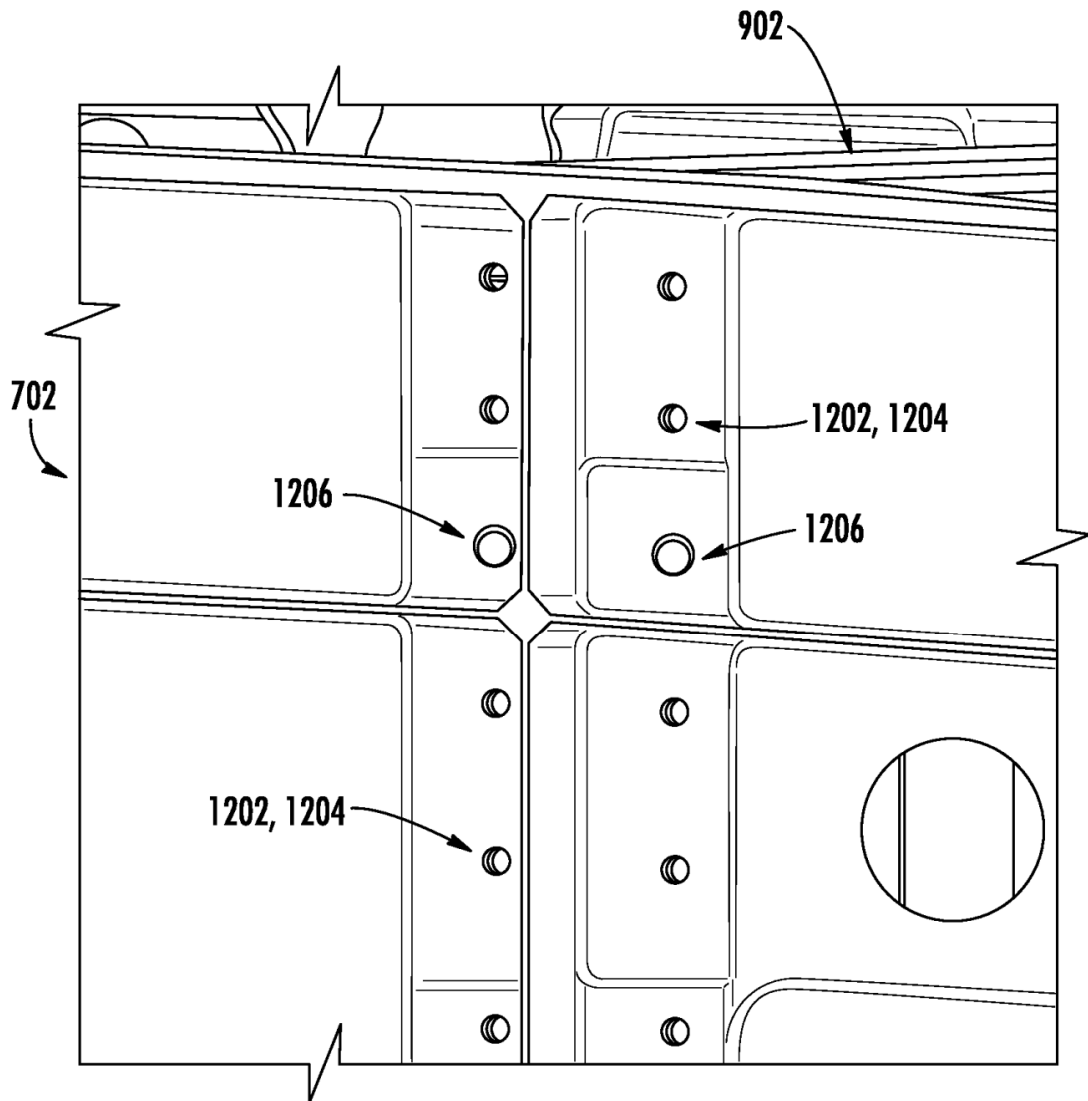


FIG. 12

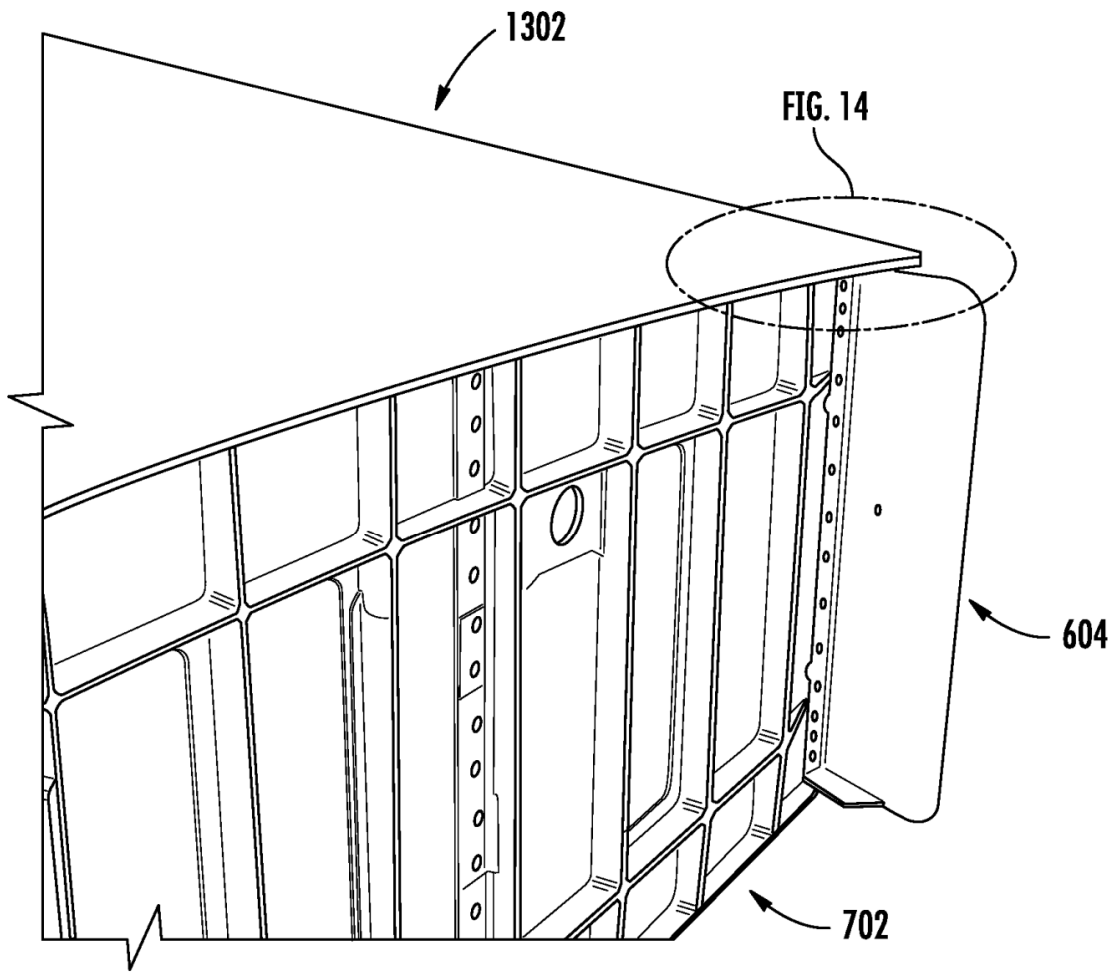


FIG. 13

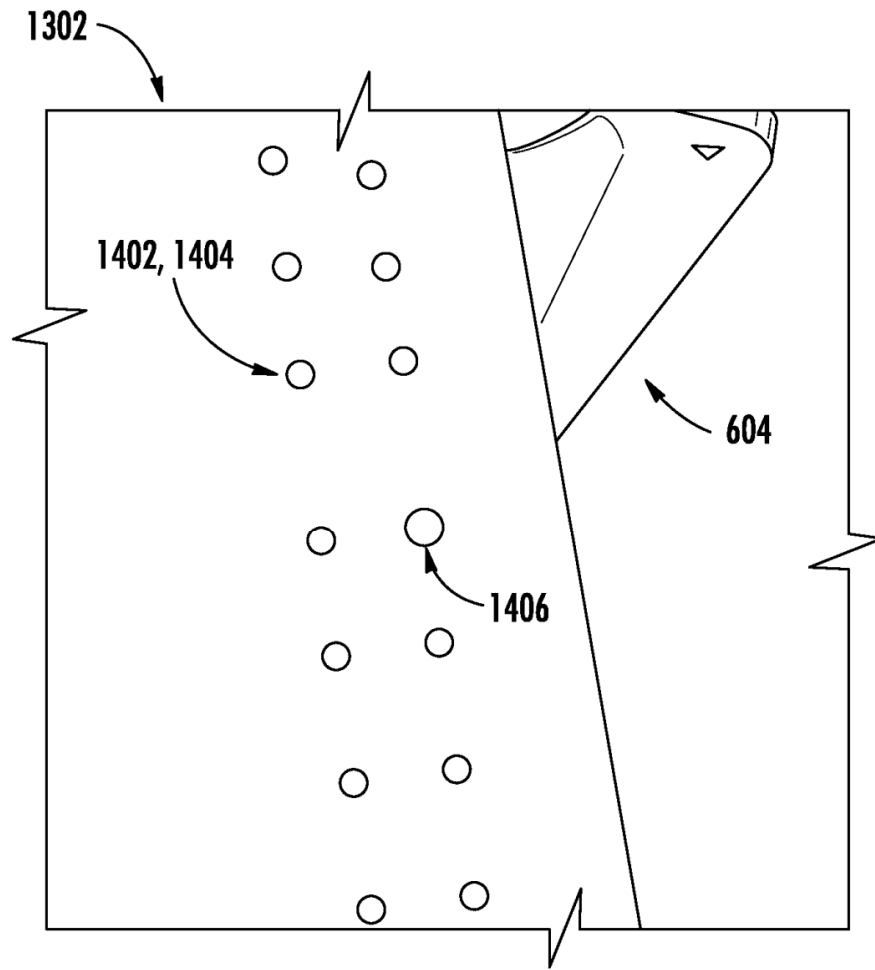


FIG. 14

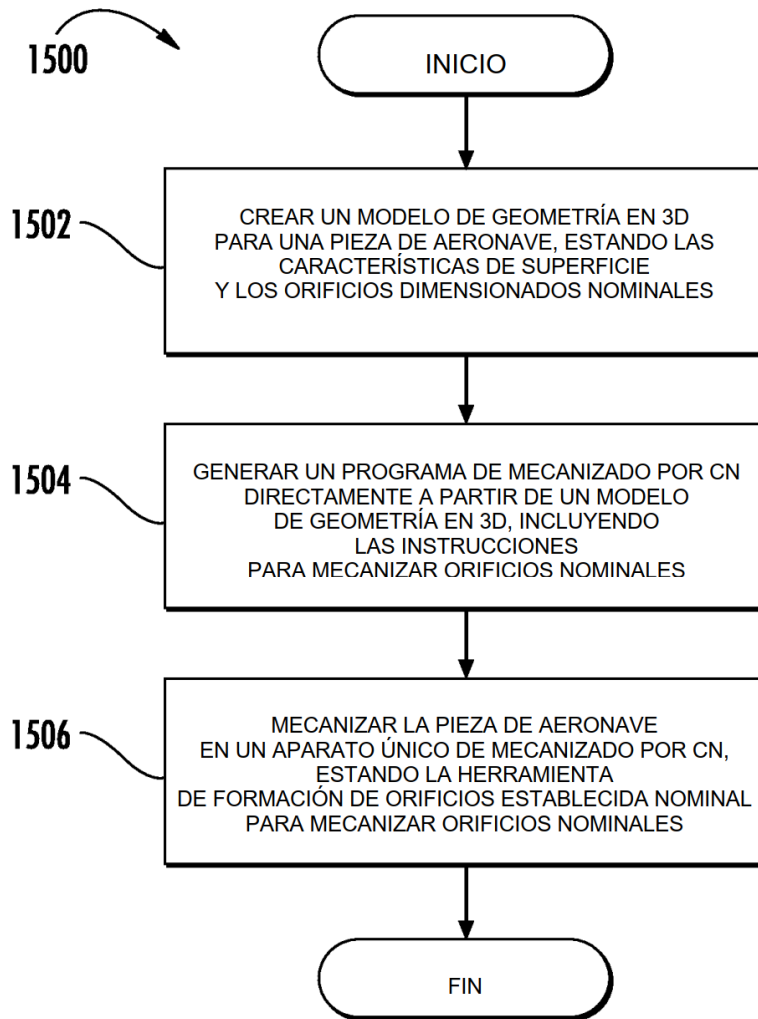


FIG. 15

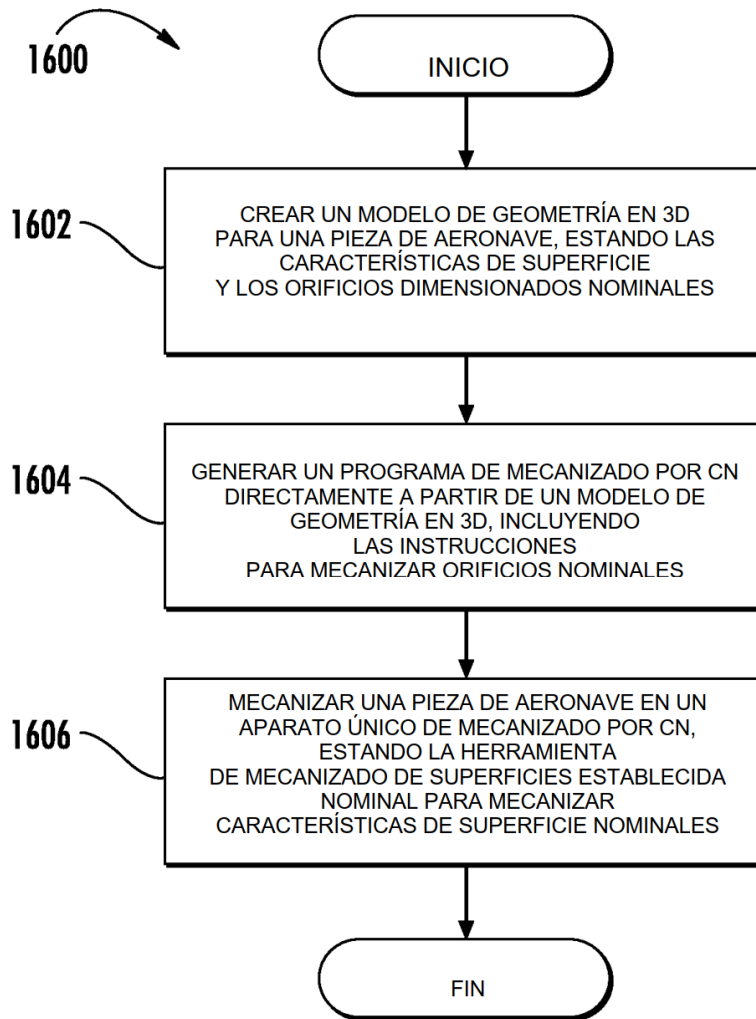


FIG. 16

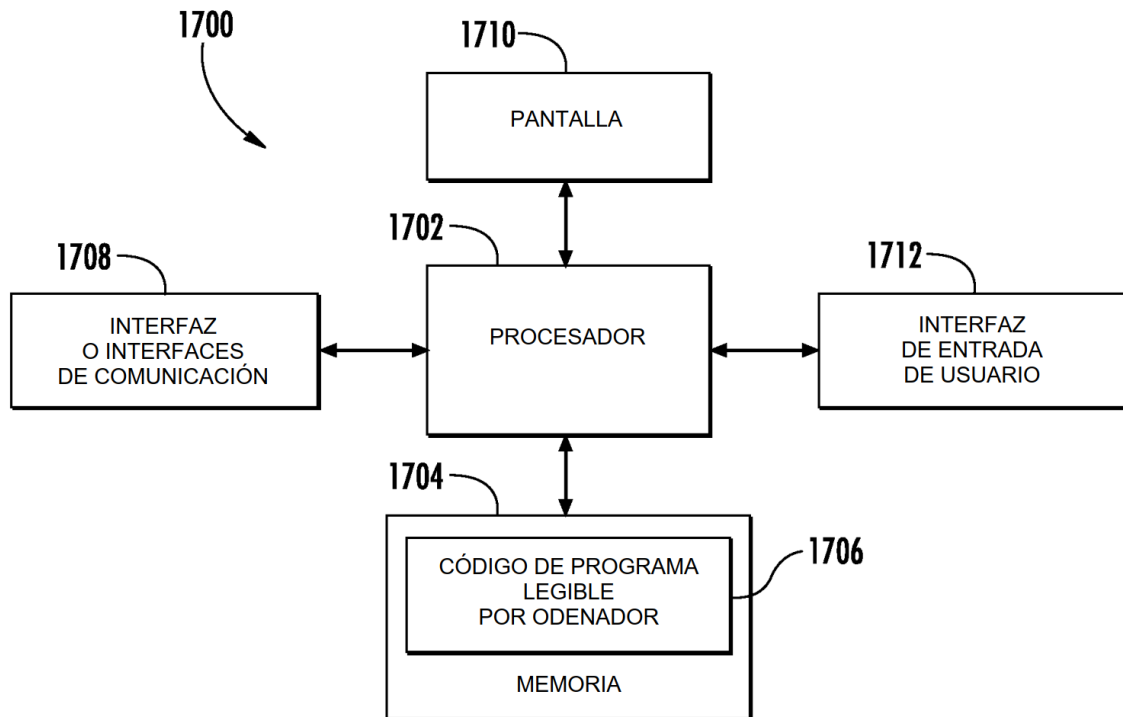


FIG. 17