

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 088**

51 Int. Cl.:

B23B 35/00 (2006.01)

B23B 49/00 (2006.01)

B23Q 17/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2015 E 15200027 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3034213**

54 Título: **Método y aparato para determinar la profundidad de un orificio**

30 Prioridad:

19.12.2014 GB 201422820

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

31.05.2019

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS LIMITED (100.0%)
Pegasus House, Aerospace Avenue, Filton
Bristol BS34 7PA, GB**

72 Inventor/es:

**HALE, GREG ANDREW;
LANDEG, GARETH WILLIAM;
GODFREY, MATTHEW LEE;
CLAYTON, RICHARD JAMES y
HALL, DAVID JOHN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 715 088 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para determinar la profundidad de un orificio

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la fabricación de estructuras de múltiples capas. En particular, la invención se refiere a la medición de profundidades de orificios formados en una estructura, particularmente en estructuras de múltiples capas. La invención se refiere a un método para determinar la longitud de un componente a ubicar en un orificio mecanizado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. La invención también se refiere a un dispositivo electrónico dispuesto para determinar la profundidad de un orificio perforado en una pieza de trabajo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8. Tal método y dispositivo son conocidos a partir del documento DE10150264A1.

15 Antecedentes de la invención

En la fabricación de muchos productos diferentes, hay una necesidad de unir múltiples capas de materiales iguales o diferentes entre sí. Esto puede llevarse a cabo formando orificios perforando o mecanizando a través de múltiples capas de material e insertando un medio de fijación alargado, tal como un remache, un tornillo o un perno en el orificio.

En ciertas circunstancias, la profundidad de los orificios restantes o el espesor de los materiales o bien no es crítico, o la profundidad o espesor se conoce hasta un grado suficiente a partir de los dibujos de diseño y conocidos factores de la fabricación de los componentes que se perforan y fijan. En estos casos, se puede elegir un perno o remache en función de los parámetros de diseño conocidos a partir del proceso de diseño y de la especificación del componente.

Sin embargo, en otras aplicaciones, el espesor de los materiales que se fija puede no ser conocido, esto puede ser debido a las tolerancias de fabricación que resultan del proceso de fabricación utilizado para hacer los materiales a ser sujetados juntos. Además, en ciertas aplicaciones, es importante hacer coincidir con precisión la longitud de los medios de fijación con la profundidad del orificio con mucha precisión. Este es un problema particular en productos críticos de alta precisión y seguridad, tales como componentes y conjuntos de aeronaves. El problema puede surgir particularmente cuando se usan capas múltiples de materiales diferentes, particularmente cuando se usan materiales compuestos, cuya profundidad puede variar dependiendo de la disposición particular de las fibras en los componentes compuestos.

Por tanto, es necesario en algunas situaciones medir con precisión la profundidad del orificio antes de elegir unos medios de fijación de dimensiones apropiadas para fijar juntos los diferentes componentes.

La presente invención, por lo tanto, trata de abordar estos problemas y proporcionar un proceso de fabricación y montaje mejorado.

El documento DE10150264A1 divulga un proceso para determinar el espesor de la pared de componentes a remachar juntos. El documento GB2492866A divulga un dispositivo para medir la profundidad de un orificio pasante que incluye un sensor de fuerza de corte. El documento EP1400310A1 divulga un método para determinar la profundidad de penetración de una herramienta de procesamiento midiendo una trayectoria sobre la cual una resistencia producida por el objeto procesado contrarresta la herramienta de procesamiento durante su movimiento de avance, y utiliza la trayectoria medida para determinar la profundidad de penetración.

50 Sumario de la invención

La invención proporciona un método según la reivindicación 1.

El método de la invención permite la determinación automatizada de profundidades de orificio para un orificio u orificios hecha usando una máquina de formación de orificios, basándose en datos recogidos en el momento de formar el orificio, que elimina la necesidad de operaciones de medición de profundidad adicionales.

El método puede comprender además la formación de una matriz de orificios en la pieza de trabajo. Esto permite medir mayores matrices de orificios durante su formación.

La pieza de trabajo puede ser un conjunto que comprende varios componentes que deben ser fijados entre sí mediante medios de fijación que se encuentran en los orificios a perforar.

La pieza de trabajo puede comprender un conjunto, que comprende preferiblemente una pluralidad de capas de material laminar.

La pieza de trabajo puede comprender un componente de ala de un avión.

La determinación de la profundidad del orificio puede comprender aplicar un valor de compensación a una profundidad de orificio calculada determinada a partir de la señal de carga de la herramienta. Esto permite la corrección de la profundidad del orificio calculada en función de los parámetros conocidos de la operación de formación del orificio, la pieza de trabajo o la herramienta que forma el orificio.

El valor de compensación puede seleccionarse basándose en las propiedades del material o materiales de la pieza de trabajo.

El valor de compensación puede seleccionarse basándose en las propiedades de la herramienta.

La etapa de determinar la profundidad del orificio puede comprender la determinación de un umbral por encima del cual la carga de la herramienta indica que se está formando el orificio y la determinación de una longitud sobre la que la carga permanece por encima del umbral. Esto permite un procesamiento simple de la señal de carga para determinar una profundidad de orificio calculada. El procesamiento de la señal de carga puede producirse en tiempo real, o puede llevarse a cabo en un registro almacenado de la señal de carga una vez que se forma el orificio.

La determinación de la profundidad del orificio incluye la determinación de un valor de umbral de avance de la herramienta para la señal de carga de la herramienta, sustancialmente en o por debajo del cual se determina que la herramienta ha penetrado en una superficie opuesta de la pieza de trabajo. El avance de la herramienta significa que la punta de la herramienta ha penetrado completamente en la superficie opuesta de la pieza de trabajo para formar un diámetro de orificio mínimo completo y sustancialmente uniforme a través de toda la pieza de trabajo.

El valor umbral de avance de la herramienta se determina basándose en un valor de la señal de carga de la herramienta antes del avance. Esto puede tener en cuenta los valores de carga de la herramienta durante la formación del taladro principal del orificio.

El valor umbral de avance de la herramienta se determina basándose en un valor de la señal de carga de la herramienta después del avance. Esto permite que la carga en la herramienta presente incluso después de que la punta haya salido de la pieza de trabajo se tenga en cuenta al determinar el avance de la punta de la herramienta.

El valor umbral de avance de la herramienta se determina basándose en una diferencia entre el valor de la señal de carga de la herramienta antes del avance y el valor de la señal de carga de la herramienta después del avance. Esto permite que ambos valores se tengan en cuenta al determinar el punto de avance de la herramienta.

El valor umbral de avance de la herramienta puede determinarse basándose en un promedio de la señal de carga antes del avance.

El valor umbral de avance de la herramienta puede determinarse basándose en un promedio de la señal de carga después del avance. Este promedio permite que las variaciones debidas a la vibración y las variaciones en la pieza de trabajo se suavicen a partir de la señal de carga para evitar que se introduzcan errores significativos por las rápidas fluctuaciones en la señal.

La invención proporciona además un dispositivo electrónico según la reivindicación 8.

El dispositivo puede ser configurado para realizar cualquiera de las etapas de determinar, calcular o especificar y puede estar comprendido en un ordenador separado de la máquina de formación del orificio, o puede estar comprendido en una máquina de formación del orificio. Algunas de las etapas descritas en este documento pueden realizarse en la máquina que forma el orificio y etapas posteriores, u otras, pueden realizarse en un segundo dispositivo informático separado.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un mapa esquemático de ala para un ala de avión;

La figura 2 muestra un ejemplo de una posición en el conjunto de la figura 1 donde se va a taladrar un orificio;

La figura 3 ilustra una máquina que puede usarse en la realización de la invención;

La figura 4 muestra una ilustración esquemática de una máquina de perforación controlada por ordenador para usar en una realización;

La figura 5 ilustra un gráfico de una carga en una herramienta a lo largo de una distancia perforada a través de una pieza de trabajo para su uso en la presente invención.

Descripción detallada de realización(es)

La figura 1 ilustra un mapa de ala 10. El mapa del ala ilustra esquemáticamente el contorno de una porción de un ala, y el dibujo muestra las filas 11, 12, de orificios individuales a través de los cuales se colocarán medios de fijación tales como pernos para unir una capa o capas de ala exterior a las costillas y/o largueros del conjunto de ala, que comprende una o más cubiertas de ala y uno o más largueros de ala y costillas de ala. Las filas 11 representan orificios que se taladrarán para permitir que los medios de fijación sujeten la cubierta exterior del ala a los largueros. Las filas 12 representan orificios que se taladrarán para permitir que los medios de fijación sujeten las cubiertas exteriores del ala a las costillas del ala. Las ubicaciones de cada orificio a perforar en el conjunto se almacenarán como un conjunto de coordenadas dimensionales X, Y, y preferiblemente Z en relación con un punto de referencia 13. A cada orificio también se le asignará un código de identificación individual, exclusivo del orificio en ese componente.

En el mapa de ala inicial no hay valores de profundidad que se almacenan para los orificios, ya que los orificios deben simplemente penetrar a través del conjunto. Debido a las tolerancias de fabricación en los materiales utilizados en el montaje, la profundidad del orificio puede no ser lo suficientemente precisa hasta que se haya perforado el orificio. Esto puede significar que una vez que se taladran todos los orificios, se requiere un ejercicio manual, utilizando herramientas manuales para medir la profundidad precisa de cada uno de los orificios, como resultado de las variaciones en las tolerancias en el espesor de los materiales utilizados en el montaje. La medición de la profundidad del orificio se puede realizar utilizando herramientas manuales, que se insertan en un orificio después de que se haya perforado el orificio, en una operación separada, para medir la distancia desde una superficie en un primer lado del orificio hasta la superficie en el otro lado del orificio. Esta profundidad de orificio medida manualmente se puede utilizar para seleccionar unos medios de fijación dimensionados adecuadamente para el orificio medido. El proceso de medición manual es lo suficientemente preciso, pero puede requerir mucho tiempo y trabajo, por lo que puede ser largo y lento.

La figura 2 ilustra una sección a través de un conjunto de componentes a perforar en una de las posiciones completas indicadas en el mapa de ala de la figura 1. Un pie de costilla 21 y al menos una cubierta de ala 22 se sujetan o se sostienen de otra manera uno en relación con el otro en preparación para un orificio a perforar en una ubicación indicada por líneas discontinuas en 23. Otros componentes pueden incluirse en el conjunto.

Una vez que el orificio 23 se ha perforado, el conjunto 30, representado esquemáticamente en la figura 3, estará asegurado por ubicación de un perno 31 en el orificio perforado, mientras que una arandela 32 y una tuerca 33 se encuentran en el perno para fijar el conjunto en posición, como se ilustra en la figura 3. El conjunto 30 puede comprender cualquiera de los componentes mostrados en la figura 2, u otros componentes de ala o componentes de cualquier conjunto.

En ciertas implementaciones, y en particular en la fabricación de componentes de aeronaves, puede ser crítico que el perno 31 se especifique de manera adecuada para que su longitud de árbol sea suficiente para permitir que la arandela 32 y la tuerca 33 se localicen correctamente y se fijen de forma segura en posición durante el proceso de montaje. El perno 31 puede ser avellanado para permanecer al ras con la superficie exterior del conjunto que se está fijando. Además, en ciertas implementaciones, el árbol del perno no debe tener roscas dentro de la pieza de trabajo en el conjunto final. Además, puede ser necesario asegurar que el perno 31 tampoco sea demasiado largo, para evitar una protuberancia excesiva del perno 31 de la tuerca 33. Además, en la fabricación de aeronaves, es importante que cada componente se pueda rastrear completamente a través del proceso y, por lo tanto, se debe especificar un tipo de perno o perno específico y registrar de forma rastreable que se haya insertado en cada ubicación indicada en el mapa de ala de la figura 1. Por este motivo, es necesario medir con precisión la profundidad del orificio 23 perforado a través del conjunto, de modo que se pueda seleccionar un perno 31 adecuadamente especificado para cada orificio individual en el conjunto. De lo contrario, un método de "prueba y error" para encontrar el perno de longitud correcta tomaría mucho tiempo.

Una medición suficientemente precisa de la profundidad del orificio puede ser un proceso manual, como se describe anteriormente, lo que resulta en un proceso intensivo y relativamente lento de trabajo.

La figura 4 ilustra esquemáticamente una máquina de perforación controlada por ordenador, que se puede usar para perforar automáticamente todos los orificios indicados en el mapa de ala de la figura 1. Dichas máquinas son conocidas por su uso en la perforación de conjuntos atornillados y una máquina particular utilizada en la producción por el solicitante se conoce como un equipo de perforación de alas automatizado compuesto, o CAWDE, distribuido por Electro Impact, Inc. La máquina puede ser monitorizada y controlada por un controlador electrónico 42. El controlador puede comprender una pantalla 43 para la salida a un usuario y unos medios de entrada 44 para recibir la entrada del usuario. Se puede proporcionar un enlace de comunicaciones de datos 43, que permite proporcionar datos de control al mecanismo de perforación 40 y puede permitir que los datos de salida, tal como una señal indicativa de una carga en la broca 41, se envíen al controlador 42. Dicha señal de carga puede ser procesada en tiempo real o casi en tiempo real por el controlador 42, o puede guardarse para un procesamiento posterior para determinar las profundidades de orificio de los orificios formados por la máquina perforadora 4. El enlace de comunicaciones de datos 43 puede ser cableado o inalámbrico, y el controlador 42 puede estar comprendido en la

máquina de perforación 4 o puede ser un dispositivo electrónico separado. El control y el procesamiento de datos pueden dividirse entre dos dispositivos 42, uno integrado en la máquina de perforación 4 y el otro como un dispositivo electrónico separado.

5 El conjunto 20, solo una porción del cual se ilustra en la figura 4, se fija en posición en, o en relación con, la máquina de perforación 4, y el mecanismo de perforación 40 se puede mover a lo largo de los ejes X e Y, como se ilustra en la figura, para mover la posición de la broca 41 a una nueva ubicación de orificio, como se indica en el mapa de ala de la figura 1. A continuación, el taladro avanza a lo largo del eje Z para perforar el orificio necesario a través del material en una ubicación definida en el mapa de ala.

10 A medida que la herramienta 41, que puede ser preferiblemente una broca, se hace avanzar en la dirección Z, experimenta cargas variables, ya que inicialmente contacta, penetra a través de la profundidad completa de, y luego emerge hacia el lado opuesto 24 de la pieza de trabajo. Estas cargas variables experimentadas por la herramienta 41 se transfieren a través de la herramienta 41 y se pueden medir en un dispositivo de medición de carga proporcionado opcionalmente en la propia herramienta 41 o en el mecanismo de perforación o el motor o la máquina 40. La carga medida puede ser un par de rotación o una carga en la dirección Z, como se indica en la figura.

15 Un gráfico de carga ilustrativo se muestra en la figura 5. La carga se muestra en el eje L, mientras que la distancia Z se muestra en el eje horizontal. La máquina utilizada para formar el orificio puede estar equipada con una pieza de punta de sujeción u otros medios para definir o detectar el punto de inicio en el eje Z para el proceso de perforación. Este punto se puede definir como el punto de referencia para el cálculo de las posiciones en el eje Z y puede definir el comienzo de la recopilación de datos para crear el gráfico de señal de carga de la figura 5. Por lo tanto, una señal de carga puede representarse como una señal en tiempo real monitorizada a medida que se crea, o una señal que se graba para su posterior procesamiento y presentación en forma gráfica, si es necesario.

20 Como puede verse en el gráfico, durante el contacto inicial, en la región marcada *a* en el gráfico, la carga L aumenta a medida que la broca se hace avanzar en el material. Una vez que el taladro penetra en la superficie del material que se está perforando, la señal de carga alcanza un pico y luego mostrará variaciones sobre un valor promedio a medida que penetra en el conjunto que conforma la pieza de trabajo. Durante la parte *b* del gráfico, la broca penetra en el conjunto y experimenta una carga relativamente alta, relativamente constante, pero también ligeramente variable, a medida que penetra en diferentes capas del material, ya que encuentra variaciones dentro de los materiales, tal como la penetración alternando componentes de fibra y resina de materiales compuestos, o como encuentra alguna inconsistencia dentro de los propios materiales. La vibración de la máquina también causará alguna variación en la señal real.

25 A medida que la herramienta penetra en la superficie opuesta 24 de la pieza de trabajo, se experimentará una carga reducida, que se detecta y se representa en el gráfico mostrado en la figura 5 en la parte *c* del gráfico.

30 La señal de carga se puede procesar de la manera siguiente para determinar una profundidad del orificio medido determinado a partir de la señal de carga L que es indicativa de una carga en la herramienta de formación del orificio.

35 Una posición de partida de la herramienta puede definirse. Esto se puede definir en un punto medido, conocido o detectado, como cuando una punta de la máquina, un sensor u otro medio define la posición Z como el punto cuando la herramienta entra en contacto con la pieza de trabajo. Esto puede ser conocido como una posición de "herramienta en la piel" y, por lo tanto, puede definirse a partir de la señal del sensor de carga o de otras entradas del sistema o parámetros conocidos.

40 La señal de carga se controla durante la penetración de la herramienta en la pieza de trabajo. Se puede calcular un promedio de la señal, que puede ser un promedio de carrera calculado sobre una cierta distancia Z. Esto permite determinar la carga media para verificar si la herramienta aún se determina que está en la pieza de trabajo a pesar de variaciones pequeñas o rápidas en la señal de carga.

45 La señal se controla y/o analizada por una caída en la carga que indica un punto de avance, que es el punto cuando la herramienta penetra completamente la superficie opuesta 24 de la pieza de trabajo. El punto de avance se puede determinar calculando un valor promedio 50 de la señal de carga antes del avance, un valor de carga media después del avance 52, estableciendo un valor umbral de avance 51, por debajo del cual se considera que la herramienta ha atravesado la pieza de trabajo para formar completamente el orificio y determinar la posición del eje Z de la herramienta en el punto en el que la señal de carga descendió por debajo del valor umbral. La profundidad del orificio se puede calcular como la distancia Z desde la posición conocida de 'herramienta en la piel', en qué posición la herramienta primero contacta con la piel, hasta la posición de avance, donde se determina que la herramienta ha penetrado completamente la superficie opuesta 24 de la pieza de trabajo, por la señal de carga que ha descendido por debajo del valor umbral elegido.

60 El umbral de avance se calcula como un porcentaje de la carga diferencial, que se puede establecer como la diferencia entre la carga media de la herramienta antes de avance de la herramienta y la carga media de la

- herramienta después del avance. Por ejemplo, en la figura 5, se determina al 62,5 % de la diferencia entre la carga media de la herramienta antes del avance y la carga media de la herramienta después del avance, o el 62,5 % de la carga diferencial. Sin embargo, el umbral de porcentaje para determinar el avance puede establecerse en otros valores ventajosos. Los valores útiles pueden estar entre el 10 % y el 90 % de la carga diferencial, preferiblemente entre el 20 % y el 80 %, más preferiblemente entre el 25 % y el 75 %, más preferiblemente entre el 30 % y el 70 %, y aún más preferiblemente entre el 55 % y el 65 %, además, más preferiblemente entre el 60 % y el 65 % de la carga diferencial.
- Diferentes herramientas pueden crear diferentes gradientes de la señal de carga a medida que aumenta o disminuye durante la penetración y avance de la herramienta. Por ejemplo, una broca con una punta de ángulo estrecho puede tener un aumento de carga más gradual a medida que su porción de punta angulada penetra en la pieza de trabajo, mientras que una herramienta de punta plana o broca demostraría un aumento y caída más pronunciados de la carga ya que inicialmente penetra y luego rompe a través de la superficie opuesta.
- Por lo tanto, no es necesariamente el caso de que la profundidad del orificio calcula directamente como se describe en lo anterior de la señal de carga, siempre es verdaderamente indicativa de la profundidad real del orificio perforado en el conjunto 20. Se pueden adaptar varios factores para permitir esta posible fuente de error.
- Los intervalos de porcentaje indicados anteriormente se pueden variar para compensar estas variaciones en el rendimiento de la herramienta. Alternativamente, es posible aplicar un valor de compensación a la profundidad inicial del orificio determinada sobre la parte *b* del gráfico de la figura 5, para convertir la profundidad de orificio medida aparente en una profundidad de orificio real. Este valor de compensación puede variar según las propiedades de una de las capas encontradas por la herramienta, tal como la última capa 24 encontrada por la herramienta, durante la fase de avance indicada por *c* en la figura 6, y las propiedades de la propia herramienta.
- El valor real de la compensación que es necesaria aplicar puede cambiar de una herramienta a la siguiente y se puede determinar empíricamente una vez que se ha identificado la necesidad de compensación. El proceso se puede repetir con un rango de muestras para determinar la compensación apropiada y para optimizar la repetibilidad. En el método de la presente invención, una etapa inicial puede incluir la determinación de una primera longitud del orificio, medida, basada en una señal *L* indicativa de una carga en una herramienta de la máquina de perforación durante el proceso de perforación. Para cada orificio perforado, se puede determinar la profundidad de un orificio basado en la carga a partir del gráfico de la figura 5 y luego almacenarlo y asociarlo con una referencia de orificio asociada con un orificio del mapa del ala que se muestra en la figura 1.
- Este cálculo puede suceder en el ordenador que controla la propia máquina de perforación, o la carga frente a los datos de tiempo o distancia pueden ser exportados y un cálculo puede realizarse en un equipo independiente para determinar una profundidad calculada *b* de cada orificio en el mapa de ala 10.
- Un valor de compensación se puede aplicar a la longitud *b* de cada orificio, dependiendo de la herramienta y/o de los materiales en las primeras y/o las últimas capas del conjunto, o de hecho cualquiera de las capas en el conjunto que puede influir en el cálculo, y esta compensación puede determinarse como de 0 mm a varios mm. Las tolerancias en las dimensiones de algunos componentes pueden ser de hasta el 7 % y, por lo tanto, cuando se incluye un número de componentes en un conjunto, estas tolerancias pueden acumularse en las numerosas capas. El valor de compensación aplicado puede ser cualquiera del rango de valores de porcentaje de enteros individuales, o valores de décimas de porcentaje, hasta el 7 % de la profundidad del orificio calculada, o más, en algunos casos, hasta el 10 % o más.
- Una vez que esta longitud de orificio ajustada se ha determinado basándose en la longitud medida *b*, más cualquier compensación a aplicarse, a continuación, una operación adicional se puede realizar para determinar si los componentes adicionales son retenidos por los medios de fijación, es decir, el perno en cuestión. Por ejemplo, si se determina que una arandela de los registros de diseño está presente, entonces la longitud del árbol del perno especificado debe ser suficiente para tener en cuenta esta arandela, por lo que se puede agregar una mayor profundidad del componente al valor previamente calculado, para determinar una longitud del árbol o una "longitud de agarre" del perno especificado para el orificio en cuestión. Esto puede definir una longitud del perno sobre el cual el vástago no debe contener roscas y/o estará contenido en el componente o conjunto en el que se formó el orificio.
- Una longitud "enterrada" total, también conocida como una "longitud de agarre" para un perno, por lo tanto, se puede determinar como la longitud calculada inicial *b*, además de un Δ compensación, además de un espesor adicional *T* asociado con cualquiera de los componentes adicionales que se añaden al conjunto.
- Mediante este proceso, un conjunto de longitudes de agarre de los pernos asociados con cada orificio en el mapa de ala de la figura 1 se puede determinar, sobre la base de ambos parámetros medidos y propiedades de los componentes conocidos. Luego, al conocer la profundidad adecuada de la tuerca para el perno en cuestión, se puede determinar la longitud total roscada del perno y, basándose solo en la longitud del agarre o en la longitud del agarre más la profundidad de la tuerca, se puede especificar un perno apropiado para cada orificio en el mapa de ala de la figura 1. Una tuerca aplicada al perno puede tener un orificio contrario, lo que permite que el vástago sin

rosca continúe más allá del orificio, mientras que la tuerca aún encaja en la parte expuesta del perno y se aprieta contra el conjunto.

5 El mapa de ala luego puede incluir datos de cada uno de una serie de orificios perforados, y también las propiedades específicas o especificaciones de cada medio de fijación que se encuentra en cada orificio. Un mapa de ala final puede contener un identificador de orificio único para cada orificio en el mapa, y uno o más de un tipo de perno, tipo de tuerca, especificación de cualquier necesidad y detalles de un componente adicional, tal como una arandela, si se requiere, así como las coordenadas X e Y para el orificio. Luego, estos datos pueden transmitirse a un departamento de compras para que los niveles de stock de los componentes necesarios puedan gestionarse
10 adecuadamente y los componentes adicionales se ordenen cuando sea necesario de acuerdo con la demanda de una manera rápida y eficiente, lo que ayuda a mantener un stock limitado, pero suficiente.

15 Todas estas medidas se pueden programar en un proceso automatizado en uno o más ordenadores, mediante el uso de un software específico, o cálculos apropiadamente programados en una base de datos, hoja de cálculo o lista de materiales, gestión y/o software de contabilidad, si es necesario.

20 Además, también es posible crear una versión del mapa de ala de la figura 1, en el que la especificación detallada de cada medio de fijación que se encuentra en cada orificio en cada conjunto de coordenadas en el mapa de ala está representado. Esto se puede mostrar a un técnico que completa el proceso de montaje, ya sea electrónicamente o en papel como un documento de referencia para el proceso de montaje. Además, se puede crear una matriz tridimensional de aberturas, con los medios de fijación apropiados, teniendo las especificaciones apropiadas, colocadas en cada abertura, correspondiendo cada abertura a uno de los orificios indicados en el mapa de ala de la figura 1. De esta manera, se puede presentar una representación física del mapa de ala de la figura 1 a un técnico con los componentes necesarios ubicados en la representación 2D o 3D, en una ubicación
25 correspondiente a las ubicaciones definidas en el mapa de ala, de modo que no haya ambigüedad para el técnico sobre qué componente debe ubicarse en qué orificio del conjunto final.

30 La medición automatizada de la profundidad del orificio, el ajuste de la compensación, la especificación de los componentes y el registro de todos los datos en sistemas de información adecuadamente compartidos permite, por lo tanto, un montaje más rápido de un ala de avión general, ya que la etapa de medir por separado la profundidad del orificio se realiza automáticamente durante la perforación de los orificios. Por lo tanto, esta etapa de trabajo intensivo se elimina del proceso. Además, determinar la profundidad del orificio automáticamente en una máquina de perforación controlada por ordenador durante el proceso también permite que una lista de materiales se administre de manera más efectiva y eficiente y permite una serie de componentes para cada conjunto de ala, adecuadamente
35 especificado para cada orificio en el conjunto de ala, para ser recopilados y preparados para que los técnicos completen el montaje de manera rápida y eficiente.

40 Un dispositivo electrónico puede estar configurado para llevar a cabo cualquiera de las etapas de determinación descritas en este documento, un dispositivo de este tipo y puede estar comprendido en un ordenador independiente de la máquina de formación del orificio, o puede estar comprendido en una máquina de formación del orificio. Dicha máquina puede incluir una máquina manual, pero preferiblemente una máquina controlada por ordenador dispuesta para llevar a cabo automáticamente las etapas de formación de orificios y la determinación de la profundidad automáticamente para una serie de orificios. Algunas de las etapas descritas en este documento pueden realizarse en la máquina que forma el orificio y etapas posteriores, u otras etapas que intervienen, pueden realizarse en un
45 segundo dispositivo informático separado. Un dispositivo informático de este tipo puede ser un ordenador, o un dispositivo electrónico manual, que incluye un ordenador portátil u otro dispositivo informático de taller, o un dispositivo de comunicaciones móvil tal como un dispositivo de tableta o un teléfono móvil, comprendiendo el dispositivo software configurado adecuadamente. Por lo tanto, la invención se puede realizar en un producto de programa informático que contiene instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un procesador de un dispositivo electrónico, hacen que el dispositivo esté configurado para realizar una o más de las etapas de los métodos
50 descritos en este documento.

55 Aunque la invención ha sido descrita anteriormente con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que pueden hacerse varios cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar una longitud de un componente (31) que se situará en un orificio mecanizado (23), que comprende las etapas de:
- 5 usar una máquina (4) para formar al menos un orificio en una pieza de trabajo (20), desde una primera superficie de la pieza de trabajo, a través de la pieza de trabajo, hasta una segunda superficie (24) de la pieza de trabajo; controlar una señal de carga de la herramienta, indicativa de una carga en una herramienta (41) de la máquina, durante la formación del orificio;
- 10 determinar a partir de la señal de carga de la herramienta una profundidad del orificio, desde la primera superficie de la pieza de trabajo hasta la segunda superficie de la pieza de trabajo; y determinar, en función de la profundidad del orificio determinada, una longitud especificada para un componente que se va a situar en el orificio,
- 15 **caracterizado por que** la determinación de la profundidad del orificio incluye establecer un valor umbral de avance de la herramienta (51) para la señal de carga de la herramienta, sustancialmente en o por debajo del cual se determina que la herramienta ha penetrado en la segunda superficie de la pieza de trabajo, y en donde el establecimiento del valor umbral de avance de la herramienta incluye determinar un valor de previo a la penetración (50) de la señal de carga de la herramienta antes de la penetración de la segunda superficie y un valor posterior a la penetración (52) de la señal de carga de la herramienta después de la penetración de la
- 20 segunda superficie, y calcular un porcentaje predeterminado de diferencia entre el valor previo a la penetración y el valor posterior a la penetración para determinar el valor umbral de avance de la herramienta.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además formar una serie de orificios en la pieza de trabajo.
- 25 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la pieza de trabajo (20) es un conjunto que comprende varios componentes, tales como una pluralidad de capas de material laminar (21, 22), que se deben fijar juntas utilizando medios de fijación (31) para situarse en los orificios a perforar.
- 30 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza de trabajo comprende un componente de ala de un avión.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que determinar la profundidad del orificio comprende aplicar un valor de compensación a una profundidad de orificio calculada determinada a partir de la señal de carga de la herramienta.
- 35 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de determinar la profundidad del orificio comprende determinar una profundidad sobre la cual la carga permanece por encima del valor umbral de avance de la herramienta.
- 40 7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye la etapa de seleccionar el porcentaje predeterminado basado en las propiedades de la herramienta.
- 45 8. Un dispositivo electrónico (42) dispuesto para determinar la profundidad de un orificio (23) perforado en una pieza de trabajo (20), desde una primera superficie de la pieza de trabajo hasta una segunda superficie (24) de la pieza de trabajo, basándose en una señal de carga de la herramienta indicativa de una carga en una herramienta (41) de una máquina formadora de orificios (4) durante la formación del orificio por la máquina, en donde el dispositivo está dispuesto para determinar a partir de la señal de carga de la herramienta una profundidad del orificio desde la primera superficie de la pieza de trabajo a la segunda superficie de la pieza de trabajo, **caracterizado por que** el dispositivo está dispuesto para determinar la profundidad del orificio al establecer un valor umbral de avance de la herramienta (51) para la señal de carga de la herramienta sustancialmente en o por debajo del cual se determina que la herramienta ha penetrado en la segunda superficie de la pieza de trabajo, en donde establecer el valor umbral de avance de la herramienta incluye determinar un valor previo a la penetración (50) de la señal de carga de la herramienta antes de la penetración de la segunda superficie y un valor posterior a la penetración (52) de la señal de carga de herramienta después de la penetración de la segunda superficie, y calcular un porcentaje predeterminado de una diferencia entre el valor previo a la penetración y el valor posterior a la penetración para determinar el valor umbral de avance de la herramienta.
- 50 9. Un dispositivo electrónico de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el dispositivo está configurado además para determinar, basándose en la profundidad del orificio determinada, una longitud especificada para que un componente (31) que debe situarse en el orificio.
- 55 10. Un dispositivo electrónico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, en el que determinar la profundidad del orificio comprende aplicar un valor de compensación a la profundidad del orificio calculada a partir de la señal de carga de la herramienta.
- 60 65

11. Un dispositivo electrónico de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el valor de compensación se selecciona basándose en las propiedades del material o materiales de la pieza de trabajo.

5 12. Dispositivo electrónico de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que el valor de compensación se selecciona según las propiedades de la herramienta.

10 13. Un dispositivo electrónico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que la etapa de determinar la profundidad del orificio comprende determinar una profundidad sobre la cual la carga permanece por encima del valor umbral de avance de la herramienta.

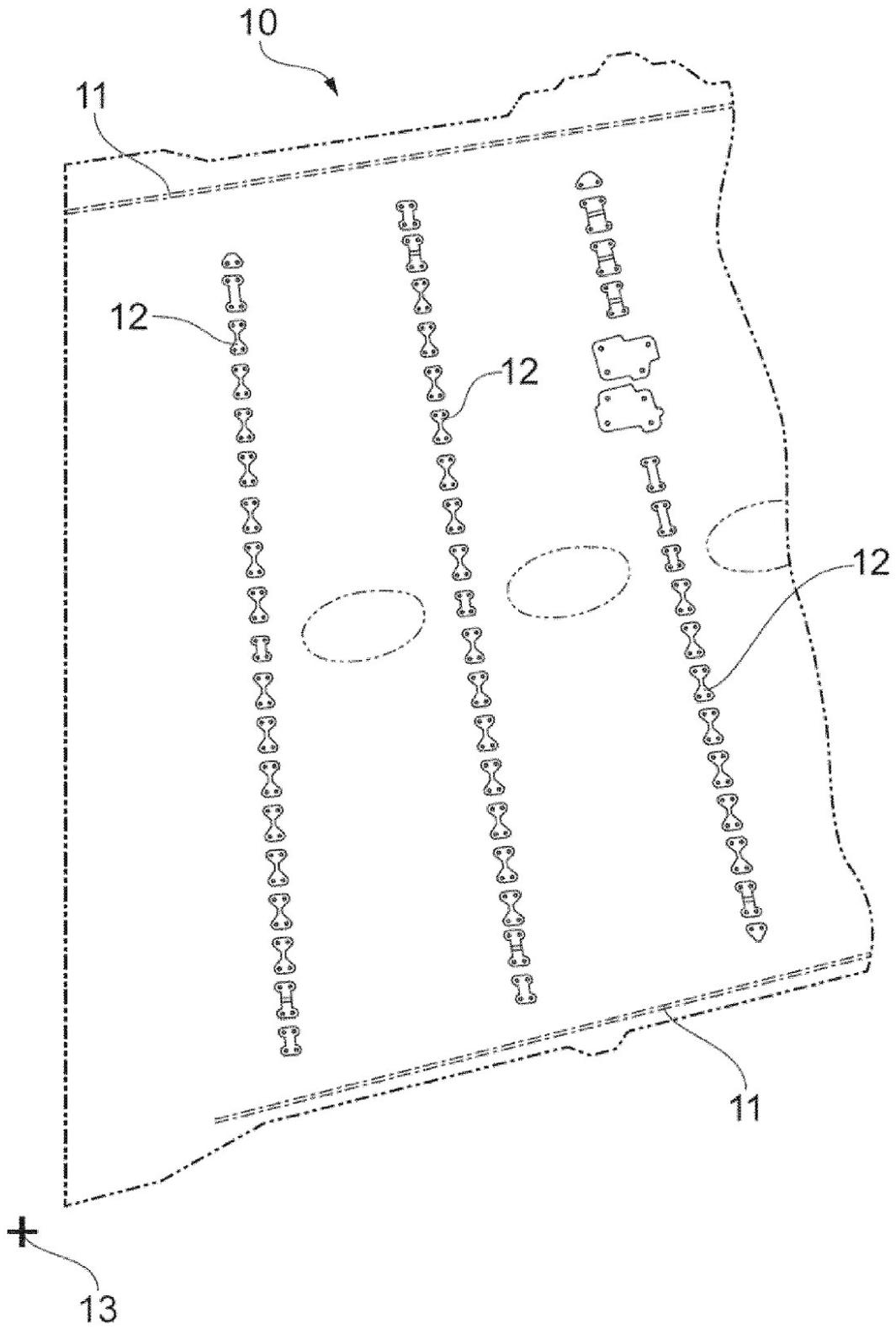


FIGURA 1

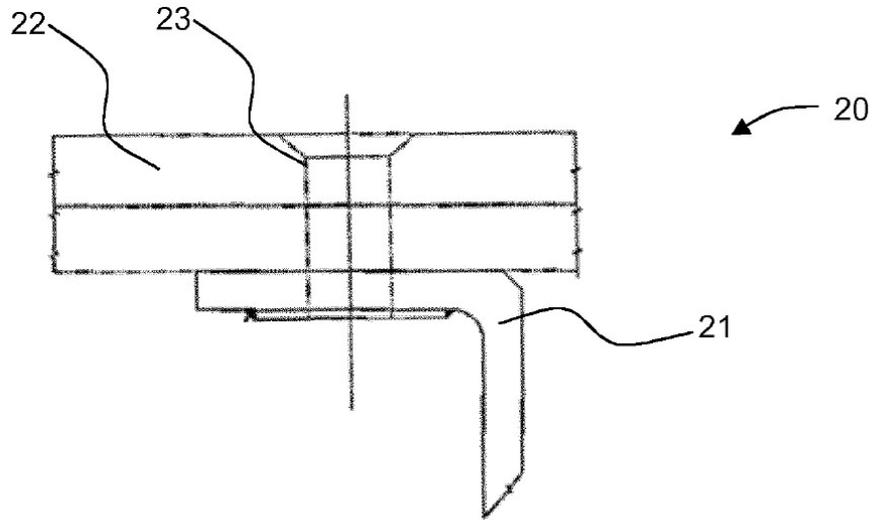


FIGURA 2

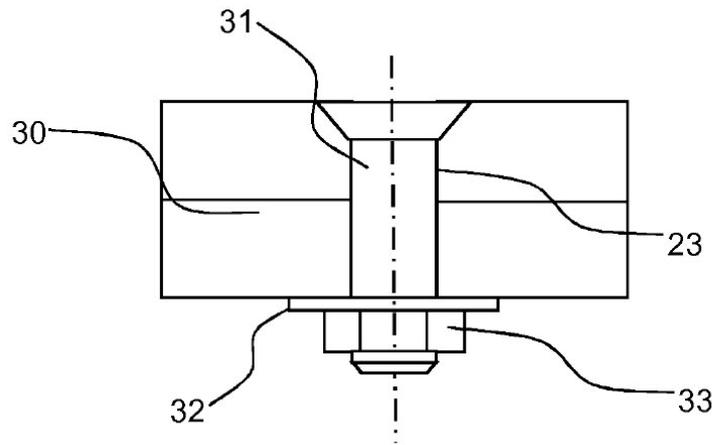


FIGURA 3

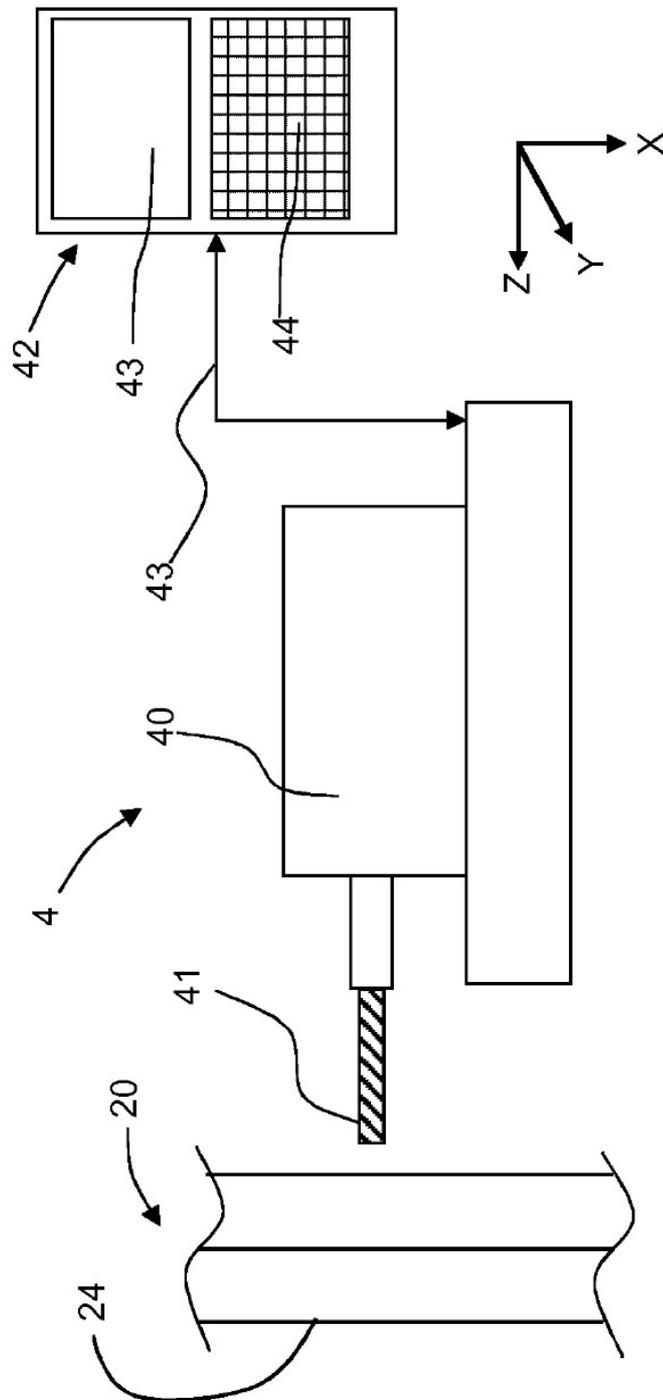


FIGURA 4

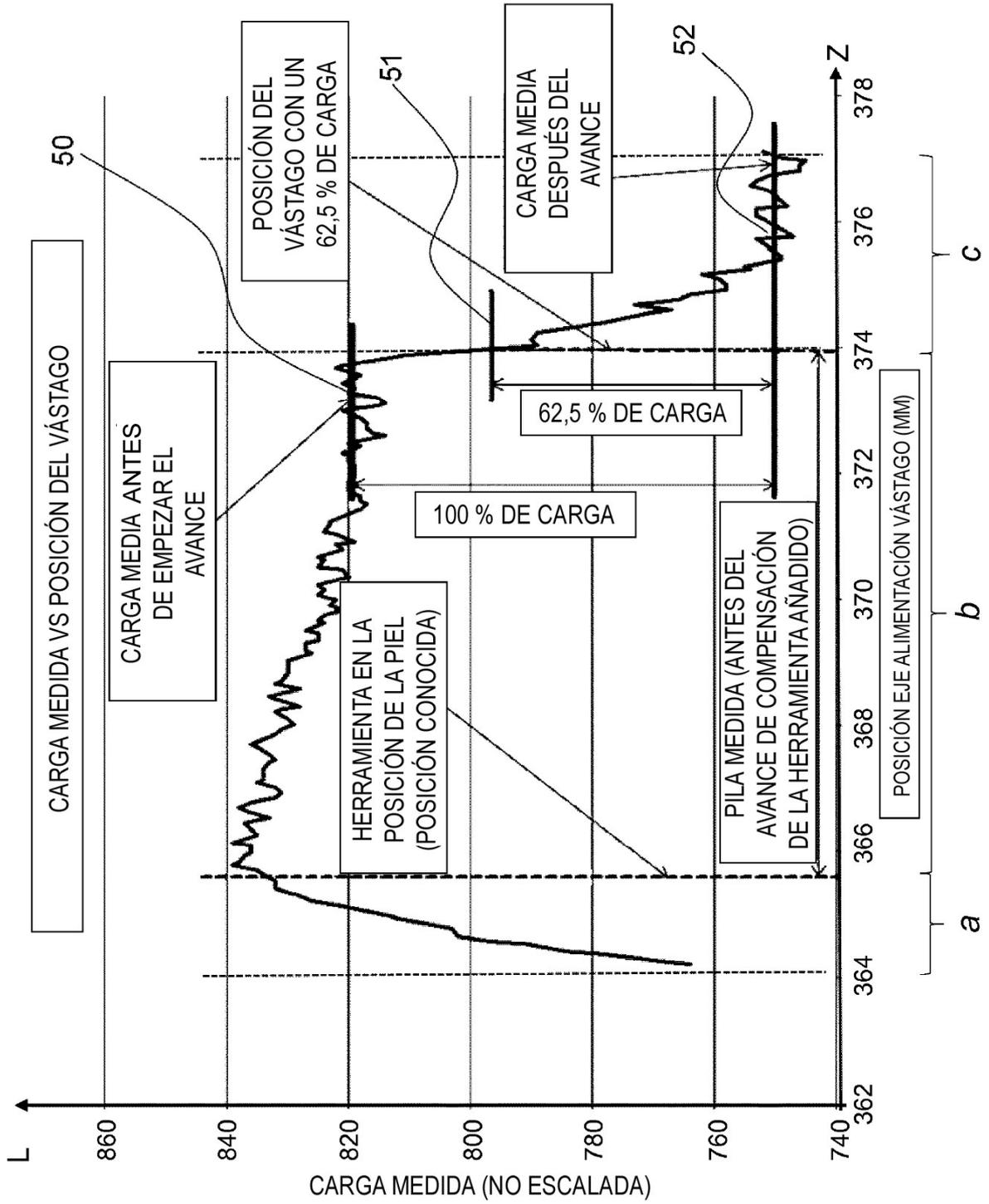


FIGURA 5