

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 474 242**

51 Int. Cl.:

B23Q 17/20 (2006.01)

B23Q 17/24 (2006.01)

G05B 19/401 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2011 E 11380068 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2570236**

54 Título: **Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.07.2014

73 Titular/es:

**IDEKO, S. COOP (100.0%)
Polígono Industrial de Arriaga, 2
20870 Elgoibar, Gipuzkoa, ES**

72 Inventor/es:

**ZATARAIN GORDOA, MIKEL;
MENDICUTE GÁRATE, ALBERTO;
INCIARTE HIDALGO, IBAI y
LANDABURU LÓPEZ, ALAITZ**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 474 242 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

Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta

5 Sector de la técnica

La presente invención está relacionada con los procesos de puesta a punto de piezas en máquina antes de procederse a su mecanizado, proponiendo para ello un procedimiento que permite medir una pieza en bruto que se va a mecanizar y alinearla en una posición de trabajo óptima, reduciéndose el tiempo de puesta a punto de la pieza en bruto sobre la máquina y optimizándose el ratio de material consumido durante el mecanizado.

Estado de la técnica

15 Actualmente en la industria de la máquina herramienta uno de los principales problemas reside en el tiempo que se emplea para llevar a cabo la mecanización de piezas. A este respecto, uno de los tiempos críticos a reducir es el tiempo de puesta a punto (set-up) de la pieza sobre la máquina, el cual en muchos casos es muy superior al propio tiempo de mecanizado.

20 La EP-2 244 145 da a conocer un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

25 Las piezas en bruto que llegan provenientes de procesos previos, como la fundición o el mecanosoldado, presentan unas zonas con sobremateriales que deben ser mecanizadas para obtener una pieza final con los requisitos de calidad demandados por el cliente. Para conseguir un mecanizado óptimo es necesario conocer la geometría específica de la pieza en bruto que se va a mecanizar, compararla con la geometría de la pieza final que se desea obtener y, de acuerdo a esa comparación, alinear la pieza en bruto en una posición de trabajo adecuada respecto a los ejes de la máquina herramienta, así se garantiza un reparto óptimo de sobremateriales para obtener la pieza final deseada.

30 Los sistemas actuales emplean un tiempo excesivo para obtener la geometría de la pieza en bruto a mecanizar y, por tanto, la medición se suele realizar fuera de la máquina para no añadir tiempo de proceso al tiempo de mecanizado. Las piezas en bruto de menor tamaño se suelen medir mediante sistemas de palpado tridimensional que deben recorrer punto a punto toda la superficie de la pieza, y en muchas ocasiones la pieza en bruto debe ser girada o volteada para poder palpar por diferentes caras, lo cual implica que, cada vez que se mueve la pieza en bruto para realizar la medición por palpado de una cara, es necesario volver a referenciar la pieza respecto de la medida anterior. Otra técnica empleada para la medición de grandes piezas, que presenta igualmente un problema de tiempo, son los sistemas de medición por laser (laser-tracker, laser-radar), en donde desde un foco se emite una señal laser que rebota sobre el punto a medir y vuelve al foco, obteniendo con ello las cotas tridimensionales del punto medido.

40 La geometría de la pieza en bruto medida se debe comparar con la geometría de la pieza ideal que se desea obtener, para alinear la pieza en bruto en una posición óptima respecto de los ejes de la máquina herramienta. Esta comparación suele ser realizada por procedimientos manuales, en los que un operario compara las cotas medidas sobre la pieza en bruto con las dimensiones de la pieza a fabricar. El proceso es largo, no repetitivo (puesto que para cada pieza la problemática es diferente), y susceptible a la aparición de errores por su carácter manual.

45 Se hace por lo tanto necesario disponer un procedimiento que reduzca el tiempo de puesta a punto de la pieza en la máquina, permitiendo medir y alinear la pieza en bruto a mecanizar, respecto de los ejes de la máquina, de una manera rápida y eficaz, evitándose las pérdidas de tiempo y el empleo de procedimientos manuales que encarecen el coste de la pieza final, y que así mismo optimice la cantidad de material arrancado durante el mecanizado, así como el número de operaciones de mecanizado.

Objeto de la invención

55 De acuerdo con la presente invención, la cual está definida en la reivindicación 1, se propone un procedimiento que permite medir una pieza en bruto y alinearla respecto a los ejes de una máquina herramienta, de manera que se reduzca el tiempo de puesta a punto de la pieza sobre la máquina, se optimice el ratio de material consumido, y se garantice la existencia de sobrematerial adecuado sobre todas las entidades o superficies de pieza a mecanizar.

60 Para ello el procedimiento objeto de la invención comprende las siguientes etapas:

Etapa 1: Marcado de unos puntos sobre las superficies a mecanizar de una pieza en bruto, medición de las cotas tridimensionales de dichos puntos y obtención de la forma geométrica de la pieza en bruto.

65 El marcado de los puntos sobre la pieza en bruto en esta etapa 1 se realiza mediante unos marcadores de referencia, que pueden ser marcadores físicos (codificados o no codificados), marcadores naturales, o marcadores

por proyección de patrones de luz. La medición de dichos puntos marcados sobre la pieza en bruto se realiza mediante un sistema de medida por visión fotogramétrico basado en cámaras digitales.

5 A modo de marcadores de referencia, un subconjunto de los marcadores aplicados será debidamente seleccionado en la presente fase para su uso durante una posterior etapa de alineación de pieza en máquina.

Etapa 2: Obtención automática de unas entidades geométricas que definen la forma geométrica de la pieza ideal en base a la información disponible en unas trayectorias de mecanizado.

10 Como alternativa a la obtención convencional de esta geometría por procesamiento de la información de un sistema CAD (Diseño Asistido por Ordenador), que requeriría la intervención manual y sería dependiente del propio sistema CAD utilizado, se utiliza la información contenida en ficheros estándar de uso extendido, como el programa de Control Numérico (código ISO) o ficheros desde sistemas CAM.

15 Un fichero estándar de este tipo contiene la información de las trayectorias de mecanizado que deben seguir las herramientas para obtener las entidades geométricas o superficies de la pieza ideal. Así pues, a partir de esta información pueden calcularse automáticamente los parámetros necesarios de la geometría de las entidades de la pieza ideal.

20 Etapa 3: Asociación automática entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a la que correspondan.

25 De una manera automática y totalmente desasistida se relaciona cada punto medido sobre la pieza en bruto con la entidad geométrica de la pieza ideal más cercana que le corresponda.

Etapa 4: Cálculo de la alineación (localización y orientación) de la pieza en bruto respecto a los ejes de la máquina herramienta para su encaje óptimo con la forma geométrica de la pieza ideal.

30 La alineación de la pieza en bruto se realiza principalmente basándose en el aseguramiento de existencia de una mínima cantidad de material a mecanizar entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las correspondientes entidades geométricas de la pieza ideal a las que dichos puntos están asociados.

35 La alineación óptima se establece determinando la localización y orientación óptimas de la pieza en bruto en coordenadas de ejes de máquina definidas en el programa de Control Numérico (código ISO). Para ello, se determina la localización óptima en ejes de máquina del conjunto de puntos marcados, por los marcadores de referencia, mediante un procedimiento que utiliza unos algoritmos específicos.

40 En caso de que los algoritmos de optimización no encuentren una solución que garantice que exista sobrematerial en todas las zonas a mecanizar, esto sería indicativo de que la pieza final no puede ser obtenida a partir de la pieza en bruto medida.

Etapa 5: Alineación de la pieza en bruto mediante su localización y orientación en los ejes de la máquina herramienta.

45 Una vez comprobado que la pieza es mecanizable y ésta se encuentra situada en máquina, un sistema de medida por visión integrado en máquina mide la localización real de los puntos marcados seleccionados en la etapa 1. En función de la desviación entre la localización óptima de los puntos marcados por los marcadores de referencia, y determinada en la etapa 4, y su situación real medida con la pieza en máquina, se determinan las correcciones de localización y giro de pieza necesarias para una óptima alineación de la pieza en bruto en los ejes de máquina.

50 Etapa 6: Alineación de pieza tras giro o volteo.

55 En el caso de mecanizado de piezas con varias puestas en máquina, antes del volteado o giro de pieza entre puestas, se procede a colocar sobre pieza al menos tres marcadores de referencia de alta precisión, denominados fiduciales, determinando su posición en los ejes de máquina con un sistema de medida por visión estereométrico integrado en máquina. Posteriormente, una vez volteada la pieza, se mide con el sistema de visión estereométrico la nueva localización de los fiduciales de referencia. En función de la desviación de la localización real de los fiduciales y su localización óptima, se determinan las correcciones de localización y giro de pieza en los ejes de la máquina, necesarias para una óptima alineación de la pieza.

60 Se obtiene así un procedimiento de medición y alineación de piezas que por sus características constructivas y funcionales resulta de aplicación preferente para la función a la que se halla destinada en relación con el mecanizado de piezas en máquinas herramienta, reduciendo el tiempo de puesta a punto de la pieza en bruto a mecanizar sobre una máquina herramienta.

65

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra un diagrama en bloques de las distintas etapas que forman el procedimiento objeto de la presente invención.

Las figuras 2A a 2C muestran las principales etapas del procedimiento a través de un ejemplo característico en dos dimensiones, sin pérdida de generalidad para el procedimiento objeto de la presente invención, igualmente dirigido a procesos de alineación de piezas en tres dimensiones.

La figura 3 muestra una vista en esquema de un primer sistema de visión estereométrico integrado en máquina y su principio de funcionamiento para la medida tridimensional de la posición en ejes máquina de unos marcadores de referencia situados sobre la pieza en bruto.

La figura 4 muestra otra vista en esquema de un segundo sistema de visión estereométrico integrado en máquina y su principio de funcionamiento para la medida tridimensional de la posición en ejes máquina de un marcador de referencia de alta precisión situado sobre una pieza en bruto que ha sido volteada o girada.

Descripción detallada de la invención

El procedimiento de medición y alineación de piezas objeto de la presente invención, representado en la figura 1, se compone de las siguientes etapas:

Etapa 1: Marcado de unos puntos sobre las superficies a mecanizar de una pieza en bruto, medición de las cotas tridimensionales de dichos puntos y obtención de la forma geométrica de la pieza en bruto.

En esta etapa se realiza una medición sin contacto y por visión de las cotas tridimensionales de una serie de puntos marcados sobre las zonas a mecanizar de una pieza en bruto. Concretamente la medición de la pieza en bruto se realiza mediante un sistema de medida por visión fotogramétrico basado en cámaras digitales que pueden situarse directamente integradas en máquina o en una estación de medida independiente.

Los puntos de la pieza en bruto que se desean medir, son marcados sobre la propia pieza en bruto mediante unos marcadores. Los marcadores son unos elementos que se disponen sobre las superficies a mecanizar de la pieza en bruto, para identificar los puntos a medir, y la elección de su colocación sobre la pieza en bruto depende de los conocimientos y experiencia del operario, situándose estos marcadores concretamente sobre las entidades geométricas a mecanizar. Estas entidades geométricas son referencias tridimensionales como puntos, planos, circunferencias, aristas, u otras formas geométricas características que la máquina herramienta debe mecanizar.

Estos marcadores pueden ser de varios tipos, por ejemplo pueden ser marcadores físicos, es decir, etiquetas codificadas o sin codificar que se colocan sobre la geometría de la pieza en bruto; pueden ser marcadores naturales, es decir, elementos geométricos propios de la pieza en bruto, como agujeros, aristas, etc., que se determinan sobre la pieza mediante técnicas de procesamiento de imágenes; o incluso pueden ser marcadores por proyección de patrones de luz (laser, etc.) sobre la pieza.

Adicionalmente, en la presente etapa 1 se selecciona un subconjunto de entre los marcadores utilizados para realizar la medida de la geometría de la pieza en bruto, de modo que sirvan como marcadores de referencia para su uso en una posterior etapa 5 de alineación de la pieza en bruto en la máquina.

La presente etapa 1 se lleva a cabo en la misma planta de fabricación, antes de proceder al mecanizado, o, si procede, en la planta del proveedor de la pieza en bruto, antes de que la pieza en bruto sea enviada a la planta de fabricación.

Etapa 2: Obtención automática de unas entidades geométricas que definen la forma geométrica de una pieza ideal en base a la información disponible en unas trayectorias de mecanizado que se encuentran en ficheros estándar de uso extendido en máquina herramienta.

La geometría de la pieza ideal se suele llevar convencionalmente a cabo por procesamiento de la información contenida en un sistema CAD (Diseño Asistido por Ordenador). Esta solución requiere de una intervención manual y es dependiente del sistema CAD utilizado; por ello, como alternativa la invención propone emplear la información contenida en ficheros estándar de uso extendido en máquina herramienta, como el programa de Control Numérico (código ISO) o ficheros desde sistemas CAM (Fabricación Asistida por Ordenador). Este tipo de fichero estándar siempre debe ser desarrollado para poder mecanizar la pieza en bruto, por lo que no se necesita ningún trabajo adicional y, sobre todo, se evita la necesidad de intervención manual sujeta a errores. Adicionalmente, la nueva solución propuesta es universal, ya que no depende del sistema CAD utilizado y está basado en estándares de uso extendido en máquina herramienta.

- Un fichero estándar de este tipo (programa CNC, CAM, etc.), contiene la información de las trayectorias de mecanizado que deben seguir las herramientas para obtener las entidades geométricas de la pieza ideal, las cuales evidentemente para poder cumplir con los requisitos de calidad demandados deben ser iguales a las entidades geométricas de la pieza final. Así pues, a partir de la información de las trayectorias de mecanizado pueden calcularse automáticamente las entidades geométricas o las superficies que definen la forma geométrica de la pieza ideal, sin necesidad de que el operario realice ninguna acción de selección o interpretación de datos, susceptible a la aparición de errores humanos.
- 5
- Etapa 3: Asociación automática entre los puntos medidos de la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a las que correspondan.
- 10
- De una manera automática y totalmente desasistida, se relaciona cada punto medido sobre la pieza en bruto, con la entidad geométrica de la pieza ideal más cercana que le corresponda.
- 15
- De esta forma, en esta etapa 3 cada punto medido de la pieza en bruto en la etapa 1 se asocia a la entidad geométrica (superficie plana, superficie cilíndrica, etc.) de la pieza ideal correspondiente obtenida en la etapa 2, es decir, cada punto medido sobre la pieza en bruto se asocia automáticamente a la entidad geométrica más cercana. Como criterio de asociación, cada punto medido se asocia a la entidad geométrica que se encuentre a menor distancia.
- 20
- Etapa 4: Cálculo de la alineación de la pieza en bruto respecto a los ejes de la máquina herramienta, para su encaje óptimo con la forma geométrica de la pieza ideal.
- 25
- El cálculo de alineación de la pieza en bruto se realiza principalmente basándose en el aseguramiento de existencia de una mínima cantidad de material a mecanizar entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las correspondientes entidades geométricas de la pieza ideal a las que están asociados. El material a mecanizar disponible entre un punto medido de la pieza en bruto y la entidad geométrica asociada de la pieza ideal, se establece en función de la distancia entre tal punto y la entidad correspondiente.
- 30
- El cálculo de alineación se realiza de forma absolutamente desasistida y automática. La alineación óptima se establece determinando la localización y orientación óptima de la pieza en bruto en coordenadas de ejes de máquina. Para ello, se determina la localización óptima en ejes de máquina del conjunto de puntos marcados seleccionados en la etapa 1, mediante un procedimiento que utiliza los siguientes criterios de optimización:
- 35
- A. Minimización de distancias entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a las que correspondan esos puntos, mediante minimización del error cuadrático medio de dichas distancias.
- 40
- B. Utilización de unos algoritmos de optimización con restricciones, para garantizar la existencia de sobrematerial suficiente en todas las zonas a mecanizar, es decir garantizar la existencia de sobrematerial entre todos los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a las que correspondan.
- 45
- C. Utilización de unos algoritmos de optimización con restricciones, para garantizar la existencia de sobrematerial y, simultáneamente, minimizar el volumen de material a eliminar de la pieza en bruto.
- 50
- En el caso de que la pieza en bruto sea mecanizable, como resultado final de los criterios de optimización, se determina la correspondiente localización óptima en ejes de máquina del subconjunto de puntos marcados seleccionado en la etapa 1. De esta forma, la localización óptima de estos puntos marcados sobre la pieza en bruto mediante los marcadores de referencia, será utilizada en un posterior proceso de alineación definido en la etapa 5.
- 55
- En caso de que los algoritmos de optimización no encuentren una solución que garantice que exista sobrematerial sobre todas las zonas a mecanizar, esto sería indicativo de que la pieza ideal no puede ser obtenida a partir de la pieza en bruto medida.
- 60
- En caso de que la pieza en bruto se encuentre en las instalaciones del fabricante, se da orden de no mecanizar, ahorrando el coste de no calidad de su intento de alineación y mecanizado.
- 65
- En caso de que la pieza en bruto se encuentre en las instalaciones del proveedor, esta etapa permite detectar de forma prematura la pieza en bruto no mecanizable, permitiendo su rechazo antes de su envío a la planta de producción, con los consiguientes ahorros adicionales en coste de transporte y logística.
- En las figuras 2A a 2C se ilustra un sencillo ejemplo no limitativo del procedimiento definido en las etapas anteriormente descritas. En la figura 2A se representan mediante una línea punteada los puntos marcados sobre la pieza en bruto y mediante las referencias (P1, P2, P3, P4) cuatro caras planas que definen cuatro entidades geométricas que definen la forma geométrica de la pieza ideal.

En la figura 2B se ilustra la asociación de los puntos medidos sobre la pieza en bruto con las entidades geométricas (P1, P2, P3, P4) a las que corresponden, determinándose un conjunto (b1) para la entidad geométrica (P1), un conjunto (b2) para la entidad geométrica (P2), un conjunto (b3) para la entidad geométrica (P3) y un conjunto (b4) para la entidad geométrica (P4).

5 Así en la figura 2C se ilustra un cálculo de la alineación óptima de la pieza en bruto para su encaje óptimo con la pieza ideal, garantizando que existe un adecuado reparto de material a mecanizar entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas a las que corresponden dichos puntos.

10 Etapa 5: Alineación de la pieza en bruto en ejes de máquina.

Una vez comprobado que la pieza en bruto es mecanizable y ésta se encuentra ya situada en la máquina, un sistema de medida por visión estereométrico integrado en máquina mide la localización real de los puntos medidos que han sido marcados mediante marcadores de referencia en la etapa 1, y cuya localización óptima se ha determinado en la etapa 4.

15 El sistema de medida por visión estereométrico se encuentra integrado en el cabezal de la máquina y dispone de una única cámara, requiriendo de dos o más fotos desde diferentes posiciones (x, y, z) de máquina. Las imágenes obtenidas desde diferentes posiciones se procesan con algoritmos estereométricos, de forma que se determina la localización (x, y, z) de los marcadores de referencia en coordenadas de ejes de máquina.

20 En la figura 3 se representa un ejemplo del proceso llevado a cabo por el sistema de visión anterior, en donde una única cámara (1), mediante un proceso de medición estereométrica, determina la localización en máquina del centro de los marcadores de referencia (M1, M2, M3, M4) dispuestos sobre la pieza en bruto. Para ello, la cámara (1) obtiene dos imágenes (Imagen1, Imagen2) desde dos posiciones de cámara diferentes, cámara en posición 1 (xc1, yc1, zc1) y cámara en posición 2 (xc2, yc2, zc2), en donde las referencias (xc, yc, zc) indican la localización de la cámara (1) en la máquina.

25 Así, en función de la localización real medida de los marcadores de referencia situados sobre la pieza en bruto, se determinan los errores de localización, respecto a su localización óptima determinada en la etapa 4, y con ello las correcciones de localización y orientación (giro) de pieza, necesarias para una óptima alineación de pieza en los ejes de máquina.

30 De acuerdo a la corrección de localización y giro de pieza calculados, la alineación de la pieza en bruto sobre la máquina herramienta se realiza manualmente, por parte de un operario que la posiciona mediante una serie de calces o elementos similares. Adicionalmente, la alineación también puede ser realizada automáticamente mediante un sistema automatizado que coloca la pieza en bruto en la posición óptima para el mecanizado.

35 El proceso de medición y corrección se repite hasta que la pieza en bruto está correctamente posicionada y orientada en máquina, cuestión esta que se cumple cuando la geometría de la pieza en bruto encaja de forma óptima con la geometría de la pieza ideal.

Etapa 6: Alineación de pieza tras volteo o giro.

40 En el caso de piezas que requieren de varias puestas en máquina, tras cada giro o volteado de la pieza en bruto entre puestas para poder acceder a diferentes caras a mecanizar, debe procederse de nuevo al correspondiente alineado de la pieza en bruto antes de su mecanizado, cumpliendo los criterios de optimización establecidos en la etapa 4. Por puestas se entiende el amarre, o atado, de la pieza en bruto sobre la máquina herramienta antes de proceder al mecanizado de una de sus caras.

45 Ahora bien, en este caso, el proceso de alineado debe ser de alta precisión, dado que, adicionalmente, debe garantizarse una precisa alineación de las nuevas zonas a mecanizar respecto de las zonas mecanizadas de la atada previa al volteo, de acuerdo a las tolerancias dimensionales de las entidades geométricas de pieza involucradas, evitando así la propagación y acumulación de errores geométricos entre puestas sucesivas. Debido a ello, para procesos de alineación de una pieza en bruto tras volteo, en lugar de los marcadores de referencia empleados en la etapa 1 para la medición de la pieza en bruto, se requieren unos nuevos marcadores de referencia de alta precisión, denominados fiduciales.

50 El proceso de alineación de una pieza en bruto tras volteo, usando referencias fiduciales de alta precisión, resulta análogo al anteriormente descrito para la etapa 5. En este caso, para referenciar la pieza en bruto de forma precisa en los ejes de máquina tras un volteado, se requiere la disposición de un mínimo de tres fiduciales sobre la pieza, a modo de marcadores de referencia de alta precisión.

55 La determinación de la localización de los fiduciales en ejes de máquina se realiza con un sistema adicional de medida por visión, específico para tal propósito (ver figura 4). El sistema, integrado en el cabezal (c) de la máquina y

- 5 compuesto por una única cámara (2) inclinada un ángulo (alfa) respecto al eje de giro (beta) del cabezal (c), requiere de, al menos, dos fotos desde diferentes posiciones y orientaciones de cámara alrededor de la referencia fiducial (F) cuya localización (xf, yf, zf) se desea determinar (localización de su centro), realizando para ello mediciones desde diferentes posiciones de ejes máquina y/o desde diferentes posiciones de giro del cabezal de la máquina (cámara en giro 1, cámara en giro 2). Las imágenes obtenidas (Imagen1, Imagen2) se procesan con algoritmos estereométricos de forma que se determina la localización (xf, yf, zf) del centro del fiducial (F) medido en coordenadas de ejes de máquina.
- 10 El proceso de medición se repite para la medición de coordenadas máquina del centro de cada uno de los fiduciales situados sobre la pieza. En función de la localización (xf, yf, zf) de todos los fiduciales colocados sobre la pieza, se determina la localización óptima en ejes de máquina requerida para cada uno de los fiduciales tras el volteado de pieza, de forma que sirva de referencia en el correspondiente proceso de alineación tras el volteo.
- 15 Posteriormente, una vez volteada la pieza y, para proceder a su alineación precisa, se repite el proceso de medida de todos los fiduciales, para determinar su nueva localización en coordenadas máquina. En función de la desviación entre la localización real medida para los fiduciales y su localización óptima previamente calculada, se determinan las correcciones de localización y giro de pieza en ejes máquina, necesarias para proceder a una óptima alineación de pieza.
- 20 El proceso de medición de fiduciales y corrección se repite hasta que la pieza está correctamente posicionada en máquina, cuestión ésta que se cumple cuando la geometría de la pieza en bruto encaja de forma óptima con la geometría de la pieza ideal y, de forma adicional, cumple una alineación y localización relativa precisa respecto a los mecanizados previos a cada volteo de pieza, de acuerdo a las tolerancias de la pieza final.
- 25 Los fiduciales son marcadores de referencia específicos de alta precisión, basados en un vástago que, por un lado, presenta un elemento de fijación para adherirse o fijarse a la superficie de la pieza al voltear y, por otro lado, el vástago remata en una cabeza reflectante en forma esférica, donde la forma esférica permite reflejar la luz que incide sobre ella de un modo uniforme, es decir que el punto espacial tridimensional marcado por dicho fiducial, que es el centro de la esfera, puede ser observado de forma precisa por el sistema de medida por visión, desde
- 30 diferentes orientaciones y posiciones a su alrededor.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, en donde una pieza en bruto es alineada respecto a los ejes de la máquina herramienta para obtener una pieza final de acuerdo a la forma geométrica de una pieza ideal, comprendiendo el procedimiento las etapas:
- Etapa 1: Marcado de unos puntos sobre las superficies a mecanizar de la pieza en bruto, medición de las cotas tridimensionales de dichos puntos y obtención de la forma geométrica de la pieza en bruto;
- 10 Etapa 2: Obtención automática de unas entidades geométricas que definen la forma geométrica de la pieza ideal;
- Etapa 3: Asociación automática entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a las que correspondan dichos puntos;
- 15 Etapa 4: Cálculo de la alineación, que es localización y orientación, de la pieza en bruto respecto a los ejes de la máquina herramienta, para su encaje óptimo con la forma geométrica de la pieza ideal;
- 20 Etapa 5: Alineación de la pieza en bruto mediante su localización y orientación en los ejes de la máquina herramienta;
- caracterizado porque** en la Etapa 2, la forma geométrica de la pieza ideal es determinada en base a la información disponible en unas trayectorias de mecanizado,
- 25 **y porque** la alineación de la pieza en bruto de la etapa 5 se lleva a cabo determinando la localización real de los puntos medidos sobre la pieza en bruto, y determinando las correcciones de localización y orientación de dichos puntos medidos de acuerdo al cálculo llevado a cabo en la etapa 4, en donde la localización real de los puntos medidos sobre la pieza en bruto se hace mediante un sistema de medida por visión estereométrico integrado en maquina y compuesto por una única cámara (1), la cual requiere de al menos dos fotos de la
- 30 pieza en bruto desde posiciones diferentes de máquina.
- 35 2.- Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque las trayectorias de mecanizado definidas en la etapa 2 se obtienen de ficheros estándar de uso extendido en máquina herramienta como programas de Control Numérico, como código ISO, o ficheros obtenidos desde sistemas CAM (Fabricación Asistida por Ordenador).
- 40 3.- Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque el marcado de los puntos sobre la pieza en bruto en la etapa 1 se realiza mediante unos marcadores físicos, marcadores naturales, o marcadores por proyección de patrones de luz.
- 45 4.- Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque la medición de los puntos marcados sobre la pieza en bruto de la etapa 1 se realiza mediante un sistema de medida por visión fotogramétrico basado en cámaras digitales.
- 50 5.- Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque en la etapa 3 cada punto medido de la pieza en bruto se asocia a la entidad geométrica de la pieza ideal que se encuentre a menor distancia.
- 55 6.- Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque el cálculo de la alineación de la pieza en bruto respecto a los ejes de la máquina herramienta, definido en la etapa 4, se realiza determinando la localización óptima en ejes de máquina del conjunto de puntos marcados en la etapa 1 y teniendo en cuenta los siguientes criterios de optimización:
- A. Minimización de distancias entre los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a las que correspondan dichos puntos, mediante minimización del error cuadrático medio de dichas distancias.
- 60 B. Garantizar la existencia de sobrematerial entre todos los puntos medidos sobre la pieza en bruto y las entidades geométricas de la pieza ideal a las que correspondan dichos puntos.
- 65 C. Garantizar la existencia de sobrematerial y, simultáneamente, minimizar el volumen de material a eliminar de la pieza en bruto.

- 5 7.-. Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la primera reivindicación, caracterizado porque para piezas en bruto que requieran ser volteadas o giradas para poder acceder a diferentes caras a mecanizar, el procedimiento dispone de una etapa 6 que alinea de nuevo la pieza en bruto en los ejes de la máquina herramienta tras el giro o volteo, empleando para ello unos marcadores de referencia de alta precisión que van dispuestos sobre la pieza en bruto.
- 10 8.-. Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la séptima reivindicación, caracterizado porque la alineación de la pieza en bruto en la etapa 6 se realiza mediante un sistema de medida por visión estereométrico integrado en un cabezal (c) de la máquina herramienta, que está compuesto por una única cámara (2) inclinada respecto al eje del cabezal, requiriendo de al menos dos fotos de cada marcador de referencia de alta precisión desde diferentes posiciones de la cámara (2).
- 15 9.-. Procedimiento de medición y alineación de piezas para mecanizado en máquina herramienta, de acuerdo con la séptima y octava reivindicaciones, caracterizado porque para referenciar la pieza en bruto de forma precisa en los ejes de máquina tras un giro o volteo, se requiere la disposición de un mínimo de tres marcadores de referencia de alta precisión sobre la pieza en bruto, los cuales se componen de un vástago que, por un lado, presenta un elemento para fijarse sobre la pieza y, por otro lado, presenta una cabeza reflectante de forma esférica.

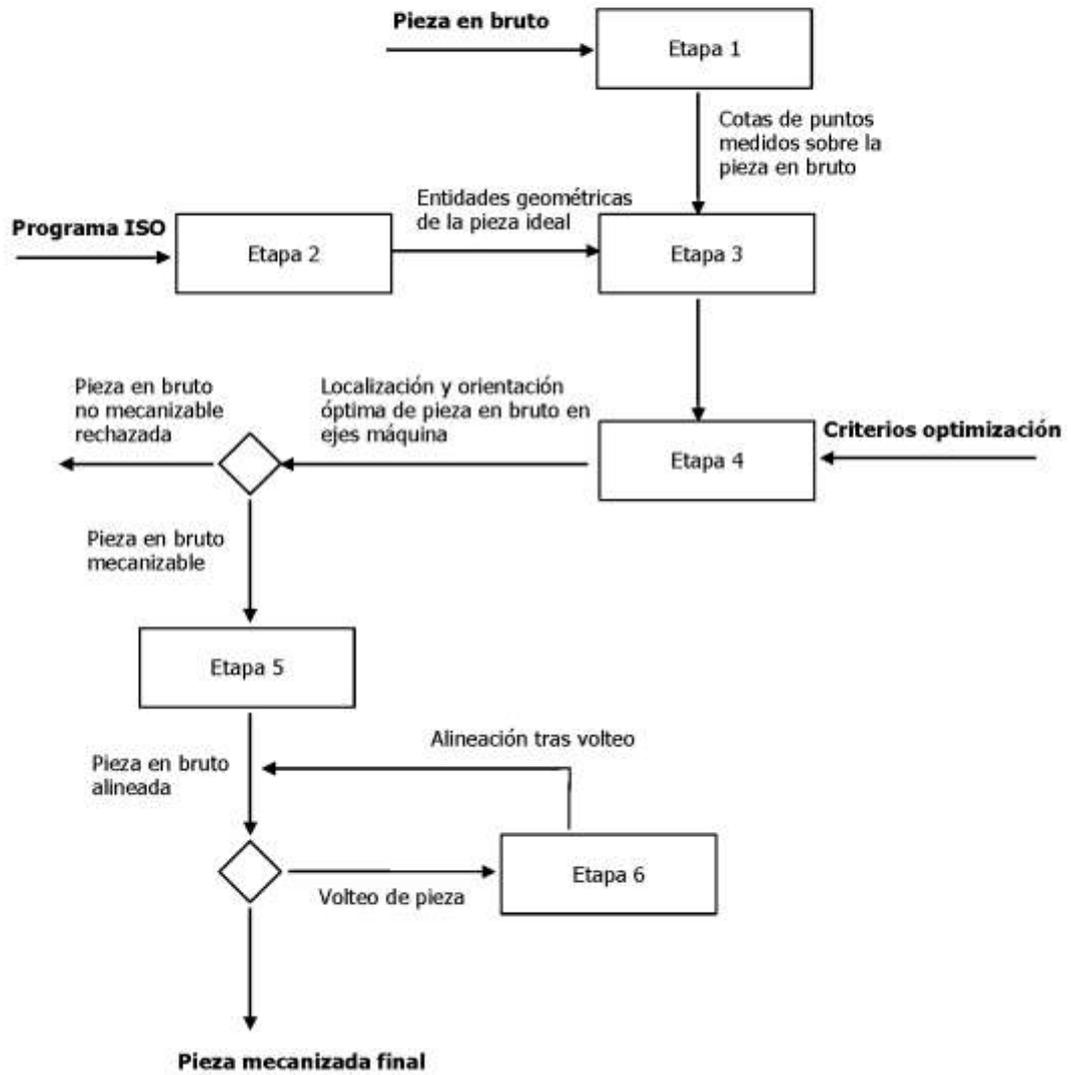


Fig. 1

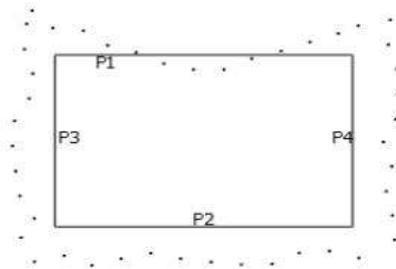


Fig. 2A

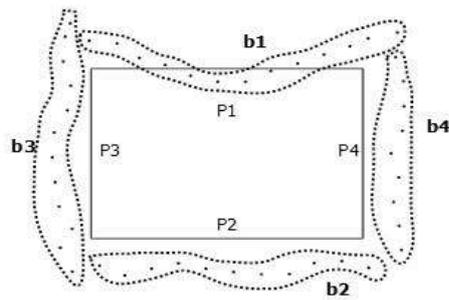


Fig. 2B

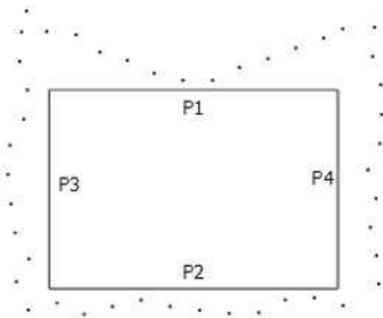


Fig. 2C

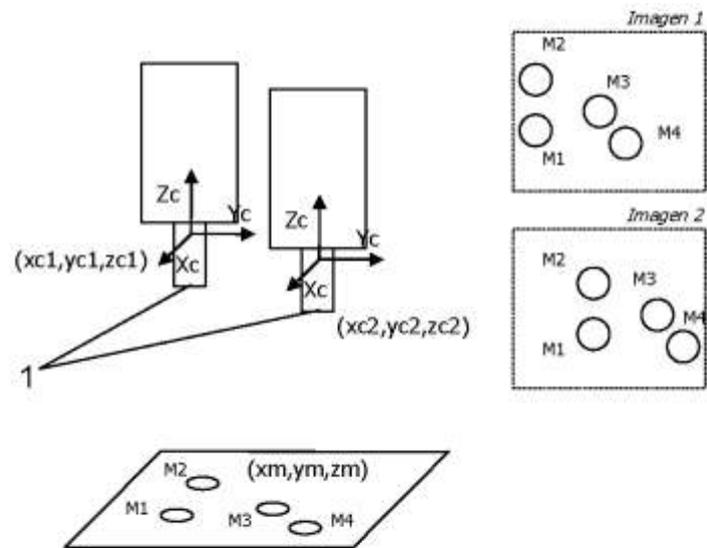


Fig. 3

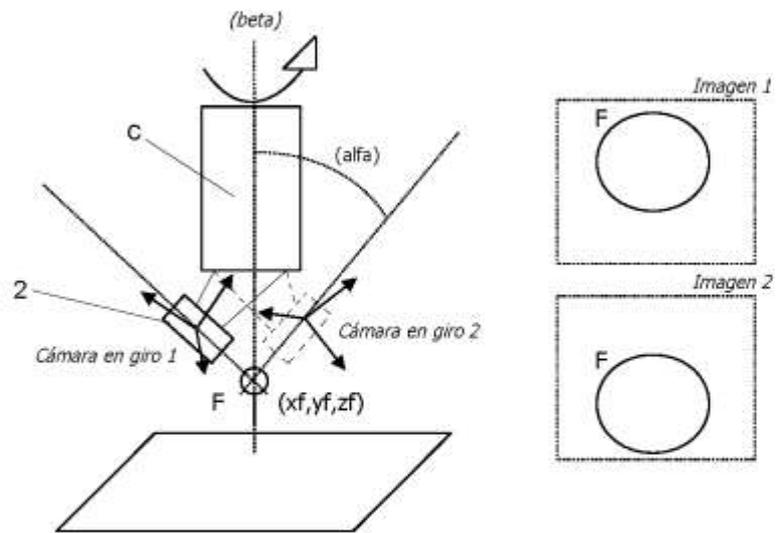


Fig. 4