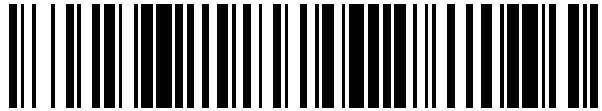


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 195**

21 Número de solicitud: 201231030

51 Int. Cl.:

**B23P 15/00** (2006.01)

**B23P 13/02** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**03.07.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.01.2014**

71 Solicitantes:

**MONDRAGON GOI ESKOLA POLITEKNIKOA J.  
M<sup>a</sup>. ARIZMENDIARRIETA, S.C (100.0%)  
C/ Loramendi, 4  
20500 ARRASATE-MONDRAGON (Gipuzkoa) ES**

72 Inventor/es:

**ARRAZOLA ARRIOLA, Pedro José y  
FERNANDEZ HORMAETXE, Exabier**

74 Agente/Representante:

**IGARTUA IRIZAR, Ismael**

54 Título: **Método de producción de una pieza acabada mediante mecanizado, y máquina para producir una pieza acabada mediante mecanizado**

57 Resumen:

Método de producción de un disco acabado mediante mecanizado, a partir de una pieza base (1) con forma de disco que comprende dos caras (11, 12) opuestas, comprendiendo el método una etapa de sujeción en la que la pieza base (1) se une a un soporte (2), y una etapa de mecanizado, posterior a la etapa de sujeción, en la que se mecaniza al menos una cara (11) de la pieza base (1) para obtener el disco. El método comprende una etapa de comprobación, simultánea a la de mecanizado, en la que se mide el desplazamiento de una zona de comprobación de la cara (11, 12) que se mecaniza, se compara la medida con un valor umbral preestablecido, y se determina que existe un desplazamiento peligroso si el valor medido es igual o mayor que el valor umbral.

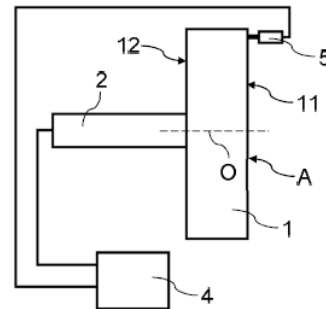


FIG. 3

DESCRIPCIÓN

“Método de producción de una pieza acabada mediante mecanizado, y máquina para producir una pieza acabada mediante mecanizado”

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se relaciona con métodos de producción de una pieza acabada mediante mecanizado, que está diseñado para obtener una pieza acabada mediante mecanizado a partir de una pieza base, en particular para obtener discos de turbina para el sector de la aeronáutica. La presente invención también se relaciona con máquinas para producir una pieza acabada mediante mecanizado, a partir de una pieza base, en particular para obtener discos de turbina para el sector de la aeronáutica.

15

ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

Las piezas acabadas mediante mecanizado se obtienen a partir de una pieza base. Para obtenerse una pieza base, generalmente el material original es material forjado para obtener la forma deseada de la pieza base y posteriormente es sometido a un tratamiento térmico para obtener las propiedades adecuadas del material de la pieza base. Como resultado del tratamiento térmico la pieza base tiene una distribución de tensiones residuales que no es homogénea y constante, de tal manera que cada pieza base comprende su propia distribución. Esto complica el mecanizado posterior de la pieza base, puesto que no puedes anticipar la distribución de las tensiones en cada una de las piezas base a mecanizar.

25

El documento US7107886 B2 divulga un método de mecanizado para obtener un componente, con el propósito de disipar las tensiones residuales en el producto final de una manera controlada. El método se basa en mecanizar dos caras opuestas del producto de manera alternada, sin tener que moverlo del dispositivo al que se une para el mecanizado.

35

## EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

Un objeto de la invención es el de proporcionar un método de producción de una  
5 pieza acabada mediante mecanizado, a partir de una pieza, tal y como se describe  
en las reivindicaciones.

El método comprende una etapa de montaje en la que la pieza base se une a un  
soporte, y una etapa de mecanizado, posterior a la etapa de montaje, en la que se  
10 mecaniza al menos una cara o superficie de la pieza base para obtener una pieza  
acabada mediante mecanizado.

El método comprende además una etapa de comprobación, simultánea a la etapa  
de mecanizado, en la que se mide el desplazamiento o deformación de al menos  
15 una zona de comprobación de la cara de la pieza base que se mecaniza, se  
compara la medida obtenida con un valor umbral previamente establecido, y se  
determina que existe un desplazamiento debido a la tensión residual peligrosa si el  
valor medido es igual o mayor que el valor umbral.

20 Con el método, al estar detectando en todo momento el valor del desplazamiento en  
la zona de comprobación durante el mecanizado, se puede detectar cuando el  
desplazamiento iguala o supera al valor umbral y por tanto es peligroso, pudiéndose  
actuar correctamente antes de que se mecanice al menos parte de la pieza base 1  
en exceso. De esta manera se pueden prevenir errores de mecanizado que  
25 conllevan una eliminación del material mayor que de la inicialmente prevista, debido  
a las tensiones residuales presentes en la pieza base, y evitándose así que haya  
que desechar piezas acabadas incorrectamente, lo cual implicaría un coste elevado  
por rechazo de material por un lado, y por otro lado, aumento de tiempo necesario  
para obtener una pieza acabada mediante mecanizado correctamente, por ejemplo.

30 En el caso de que el desplazamiento de la pieza base se en el sentido de alejarse  
de la herramienta no se elimina más material del inicialmente previsto y el error no  
es tan grave, pero sigue requiriendo, como en el caso anteriormente comentado, un  
tiempo adicional de mecanizado.

Otro objeto de la invención es el de proporcionar una máquina para producir una pieza acabada mediante mecanizado a partir de una pieza base, tal y como se describe en las reivindicaciones.

- 5 La máquina comprende una pieza base, un soporte al que se une la pieza base, al menos una herramienta de mecanizado encargada de mecanizar al menos una cara o superficie de la pieza base cuando la pieza base está unida al soporte base, y unos medios de control adaptados para controlar el mecanizado de la pieza base.
- 10 La máquina comprende además unos medios de detección que están adaptados para medir el desplazamiento en al menos una zona de comprobación de la cara de la pieza base que se mecaniza durante el mecanizado, y que están comunicados con los medios de control. Los medios de control están adaptados para comparar la medida obtenida con un valor umbral previamente establecido, y para determinar
- 15 que existe un desplazamiento peligroso o demasiado elevado debido a la tensión residual peligrosa si el valor medido es igual o mayor que el valor umbral. Las ventajas obtenidas con el aparato son análogas a las comentadas para el método.

Estas y otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a la vista

20 de las figuras y de la descripción detallada de la invención.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 25 La FIG. 1 muestra a modo de diagrama de bloques una primera realización del método de producción de una pieza acabada mediante mecanizado de la invención.

La FIG. 2 muestra a modo de diagrama de bloques una segunda realización del método de producción de una pieza acabada mediante mecanizado de la invención.

30

La FIG. 3 muestra unos medios de detección de una realización de una máquina para producir una pieza acabada mediante mecanizado de la invención, correspondiéndose en este caso la pieza base con un disco de dos caras.

- 35 La FIG. 4 es una vista frontal de una pieza base según la FIG. 3.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- 5 Un aspecto de la invención se refiere a un método de producción de una pieza acabada por mecanizado, que está adaptado para obtener un disco acabado por mecanizado a partir de una pieza base 1. En las figuras 1 y 2 se muestran dos realizaciones, a modo de ejemplo, del método.
- 10 El método comprende una etapa de sujeción Ej en la que la pieza base 1 se fija a un soporte 2, y una etapa de mecanizado Em, posterior a la etapa de sujeción Ej, en la que se mecaniza al menos una cara 11 ó 12 de la pieza base 1, para obtener la pieza acabada mediante mecanizado, a medida que la pieza base 1 está girando.
- 15 Para obtenerse una pieza base 1, generalmente el material original es material forjado para obtener la forma necesaria y posteriormente soporta por un tratamiento térmico para obtener las propiedades adecuadas del material de la pieza base 1. Como resultado del tratamiento térmico, la pieza base 1 tiene una distribución de tensiones residuales que no es homogénea y constante para todas las piezas, de tal
- 20 manera, que cada pieza base 1 comprende su propia distribución. Esto complica el mecanizado posterior de la pieza base 1, puesto que no puedes anticipar la distribución de las tensiones en cada una de las piezas base 1 a mecanizar.
- El método comprende además una etapa de comprobación Ec, simultánea a la
- 25 etapa de mecanizado Em, en la que se mide continuamente el desplazamiento (o deformación) de al menos una zona de comprobación 110 de la cara 11 de la pieza base 1 que se está mecanizando. Se compara la medida obtenida con un valor umbral previamente establecido, y se determina que existe un desplazamiento peligroso debido a la tensión residual, si el valor medido es igual o mayor que el
- 30 valor umbral. El valor umbral de desplazamiento para una zona de comprobación 110 se determina previamente, y se puede hacer de la manera siguiente por ejemplo: mediante ensayos previos o experiencia previa con diferentes piezas base 1, se determina a partir de qué valor el desplazamiento afecta o puede afectar al mecanizado y se producen piezas acabadas erróneas; ese valor, o un valor
- 35 ligeramente inferior, se determina como valor umbral. El método no está limitado a

la obtención de un valor umbral de este modo, pudiendo aplicarse igualmente aun cuando el valor umbral se obtenga de una manera diferente.

Al mecanizar una zona A por ejemplo, debido a las tensiones residuales almacenadas en el interior de la pieza base 1, el resto de las zonas de la cara 11 correspondiente se deforman, entre las que se encuentra la zona de comprobación 110. Lógicamente el desplazamiento dependerá de la distribución de tensiones residuales y será mayor cuanto mayor sea las diferencias en la distribución de las mismas en la pieza base 1, y si el desplazamiento es mayor que el valor umbral en la zona de comprobación 110, existe riesgo de que durante el mecanizado se coma más material del debido, teniendo que desechar el resultado del mecanizado. Con el método, al estar detectando en todo momento el valor del desplazamiento en la zona de comprobación 110, se puede detectar cuando este desplazamiento iguala o supera al valor umbral y por tanto es peligrosa, pudiéndose actuar correctamente antes de que se mecanice al menos parte de la pieza base 1 en exceso, o antes de realizar un mecanizado al aire, si la deformación de la pieza base 1 es en el sentido opuesto. Así, se evita el tener que desechar una pieza base 1 mal mecanizada, lo cual implica evitar un coste adicional, además de evitarse el tener que aumentar el tiempo empleado para obtener una pieza acabada mediante mecanizado, por ejemplo.

En una primera realización, mostrada a modo de ejemplo en la figura 1, cuando se detecta que el desplazamiento es peligroso se deja de mecanizar la pieza base 1, para realizar las acciones necesarias. Las acciones necesarias pueden ser por ejemplo, modificar los parámetros de mecanizado (trayectoria recorrida por la herramienta) en función de los desplazamientos medidos en una etapa de modificación Ef1, para compensar dichos desplazamientos, al menos en un grado en el que se evite el rechazo de la pieza base 1 mecanizada. En esta fase preferentemente se para también el soporte 2, parándose la pieza base 1. Tras modificar los parámetros de mecanizado, se vuelve a la etapa de inicio Ei para seguir con el mecanizado.

En una segunda realización, mostrada a modo de ejemplo en la figura 2, cuando se detecta que el desplazamiento es peligroso, se modifican en tiempo real los parámetros de mecanizado en función del desplazamiento observado en la pieza en

una etapa de modificación Ef2, para compensar dichos desplazamientos al menos en un grado en el que se evite el rechazo de la pieza base 1 mecanizada. En este caso no es necesario parar la etapa de mecanizado Em.

5 Para obtener una mejor medida de los desplazamientos sufridos por la zona de comprobación 110, previamente al mecanizado final de la pieza, preferentemente después de la etapa de sujeción Ej, se mecaniza o pule la zona o zonas de comprobación 110 obteniéndose así una superficie regular sobre la cual realizar las mediciones. Además, conviene que esta zona de comprobación 110 esté limpia, por  
10 lo que en el método se puede además limpiar esta zona mediante por ejemplo, una inyección de aire sobre la misma, o mediante sistema de limpieza. La inyección de aire (o la actuación del otro sistema de limpieza) se puede realizar preferentemente de manera continua, aunque también es posible realizarla a intervalos.

15 Cuanto más alejada esté una zona del centro O de la pieza base 1, mayor será su desplazamiento debido a las tensiones residuales, por lo que preferentemente la zona de comprobación 110, se corresponde con la zona de la cara 11 correspondiente más próxima a la periferia de la cara 11 esto es, con la zona de mayor radio con respecto al centro O. De esta manera, se obtiene la información  
20 referente al desplazamiento en la zona que mayor desplazamiento puede sufrir, haciendo que el método sea todavía más efectivo. Para mejorar todavía más la eficacia del método, se pueden seleccionar una pluralidad de zonas de comprobación 110 con respecto al centro O. En este caso, a cada zona de comprobación 110 le corresponde un valor umbral.

25

Preferentemente el método se emplea para obtener piezas acabadas con forma de disco, partiendo de piezas base 1 con forma de disco y dos caras 11 y 12 opuestas. En particular, el método se emplea para obtener discos de turbina para el sector de la aeronáutica. Evidentemente, esto recoge el uso preferido del método de la  
30 invención, pero no se limita a su uso en el sector de la aeronáutica y tampoco a su uso para obtener discos, pudiéndose obtener piezas acabadas de diferentes formas. En definitiva, el método sirve para obtener piezas acabadas con la forma que se requiera, a partir de una pieza base que ha soportado un tratamiento térmico (previamente forjada, fundida o fabricada mediante otro proceso de conformado) y

que por tanto, tiene riesgo de sufrir una distribución no homogénea y constante de las tensiones residuales antes de su mecanizado.

Un segundo aspecto de la invención, se refiere a una máquina para producir una  
5 pieza acabada por mecanizado, a partir de una pieza base 1. La máquina  
comprende una pieza base 1, un soporte 2 al que se fija la pieza base 1, al menos  
una herramienta de mecanizado encargada de mecanizar al menos una cara 11 de  
la pieza base 1 cuando la pieza base 1 está fijada al soporte 2, obteniéndose así la  
10 pieza acabada mediante mecanizado, y unos medios de control 4 adaptados para  
controlar el mecanizado de la pieza base 1, que preferentemente se corresponden  
con un control numérico.

La máquina comprende además unos medios de detección 5 que están adaptados  
para medir continuamente el desplazamiento de al menos una zona de  
15 comprobación 110 de la cara 11 de la pieza base 1 que se mecaniza, durante el  
mecanizado, y que están comunicados con los medios de control 4. Los medios de  
control 4, están adaptados para comparar la medida obtenida con un valor umbral  
previamente establecido, y para determinar que existe un desplazamiento debido a  
la tensión residual peligrosa, si el valor medido es igual o mayor que el valor umbral.  
20 Lo explicado en el primer aspecto de la invención referente al valor umbral, al  
peligro de los desplazamientos, y a las actuaciones a realizar si se determina que el  
desplazamiento es peligroso, también es válido para el segundo aspecto. La  
máquina comprende además una memoria, que puede estar integrada o no en los  
medios de control 4, para almacenar al menos el valor umbral y los parámetros de  
25 mecanizado necesarios.

Los medios de detección 5 se corresponden preferentemente con un sensor de  
desplazamiento inductivo como un LVDT por ejemplo, que está enfrentado a la zona  
de comprobación 110, cercana a la zona de comprobación 110, y detecta el  
30 desplazamiento de la zona de comprobación 110. Los medios de control 4, reciben  
la información referente al desplazamiento, y determinan el desplazamiento de la  
zona de comprobación 110 en base a dicha información recibida,  
correspondiéndose así, el desplazamiento detectado por el sensor de  
desplazamiento inductivo con el desplazamiento de la zona de comprobación 110.  
35 Los medios de detección 5, pueden corresponderse con otro tipo de sensores tales



como un escáner láser por ejemplo, en vez de con un sensor de desplazamiento inductivo.

5 Tal y como ocurría con el primer aspecto de la invención, para obtener una mejor medida de los desplazamientos sufridos por la zona de comprobación 110, la zona de comprobación 110 está pulida o mecanizada a la hora de realizar las mediciones. Al igual que se ha explicado para el primer aspecto de la invención y por los mismo motivos, en el segundo aspecto la zona de comprobación 110 se corresponde preferentemente con la zona de la cara 11 correspondiente más próxima a la  
10 periferia de la cara 11, esto es, con la zona de mayor radio con respecto a un centro O de la pieza base 1. Además, la pieza base 1 puede comprender una pluralidad de zonas de comprobación 110 con respecto al centro O. En este caso, a cada zona de comprobación 110 le corresponde un valor umbral y unos medios de detección 5 (preferentemente un LVDT), estando todos los medios de detección 5 comunicados  
15 con los medios de control 4. Los valores umbrales están almacenados en la memoria.

Preferentemente la máquina se emplea para obtener piezas acabadas con forma de disco, partiendo de piezas base 1 con forma de disco y dos caras 11 y 12 opuestas.  
20 En particular, la máquina está adaptado para obtener discos de turbina para el sector de la aeronáutica. Evidentemente esto recoge el uso preferido de la máquina de la invención, pero no se limita a su uso en el sector de la aeronáutica y tampoco a su uso para obtener discos, pudiéndose obtener piezas acabadas de diferentes formas. En definitiva, la máquina está adaptado para obtener piezas acabadas con  
25 la forma que se requiera, a partir de una pieza base que ha soportado un tratamiento térmico (previamente forjada, fundida o fabricada mediante otro proceso de conformado) y que por tanto tiene riesgo de sufrir una distribución no homogénea y constante de las tensiones residuales antes de su mecanizado.

30 En el caso de un disco acabado por mecanizado, la máquina se puede corresponder con un torno, correspondiéndose el soporte 2 con un eje de giro del torno. En otros casos, por ejemplo, la máquina se puede corresponder con una fresadora, con un centro de mecanizado, con una rectificadora o con otro tipo de máquina herramienta.

35

REIVINDICACIONES

- 1.- Método de producción de una pieza acabada por mecanizado, a partir de una pieza base (1), comprendiendo el método una etapa de sujeción (Ej) en la que la  
5 pieza base (1) se une a un soporte (2), y una etapa de mecanizado (Em), posterior a la etapa de sujeción (Ej), en la que se mecaniza al menos una cara (11, 12) o superficie de la pieza base (1) para obtener la pieza final, **caracterizado porque** comprende una etapa de comprobación (Ec), simultánea a la etapa de mecanizado (Em), en la que se mide el desplazamiento de al menos una zona de comprobación  
10 (110) de la cara (11) de la pieza base (1) que se está mecanizando, se compara la medida obtenida con un valor umbral previamente establecido, y se determina que existe un desplazamiento peligroso debido a la tensión residual presente en la pieza base (1) si el valor medido es igual o mayor que el valor umbral.
- 15 2.- Método según la reivindicación 1, que comprende una etapa previa de mecanizado anterior a la etapa de mecanizado (Em), en la que se pule o mecaniza la parte de la superficie de la cara (11) de la pieza base (1) que se va a mecanizar que se corresponde con la zona de comprobación (110).
- 20 3.- Método según las reivindicaciones 1 ó 2, en donde la zona de comprobación (110) se corresponde con la zona más próxima a la periferia de la cara (11) correspondiente de la pieza base (1).
- 4.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cuando se  
25 determina que el desplazamiento es peligroso se deja de mecanizar y se modifican los parámetros de mecanizado en función de las deformaciones medidas para compensar dichos desplazamientos al menos en un grado en el que se evite el rechazo de la pieza base (1) mecanizada.
- 30 5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde cuando se determina que el desplazamiento es peligroso, se modifican los parámetros de mecanizado, en función de los desplazamientos medidos, para compensar dichos desplazamientos al menos en un grado en el que se evite el rechazo de la pieza base (1) mecanizada.

6.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde durante la etapa de comprobación (Ec) se miden los desplazamientos de una pluralidad de zonas de comprobación (110) de la cara (11) de la pieza base (1) que se mecaniza, y se compara la medida obtenida para cada zona de comprobación (110) con un valor umbral correspondiente previamente establecido.

7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se limpia continuamente la zona de comprobación (110) mediante la inyección de aire sobre dicha zona de comprobación (110), o mediante otro sistema de limpieza.

8.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la pieza acabada se corresponde con un disco acabado con dos caras (11, 12) opuestas, produciéndose con el método un disco acabado por mecanizado.

9.- Máquina para producir una pieza acabada por mecanizado, a partir de una pieza base (1), comprendiendo la máquina un soporte (2) al que se fija la pieza base (1), al menos una herramienta de mecanizado encargada de mecanizar al menos una cara (11) de la pieza base (1) cuando la pieza base (1) está unida al soporte (2), y unos medios de control (4) adaptados para controlar el mecanizado de la pieza base (1), **caracterizada porque** comprende además unos medios de detección (5) que están adaptados para medir el desplazamiento o deformación de al menos una zona de comprobación (110) de la cara (11) de la pieza base (1) que se mecaniza durante el mecanizado, y que están comunicados con los medios de control (4), estando los medios de control (4) adaptados para comparar la medida obtenida con un valor umbral previamente establecido, y para determinar que existe un desplazamiento peligroso si el valor medido es igual o mayor que el valor umbral.

10.- Máquina según la reivindicación 9, en donde la zona de comprobación (110) se corresponde con una zona pulida o mecanizada de la cara (11) de la pieza base (1) que se va a mecanizar, estando los medios de detección (5) adaptados para medir el desplazamiento o deformación de una zona pulida o mecanizada de la cara (11) de la pieza base (1) que se va a mecanizar.

11.- Máquina según las reivindicaciones 9 ó 10, en donde la zona de comprobación (110) se corresponde con la zona más próxima a la periferia de la cara (11)

correspondiente de la pieza base (1), estando los medios de detección (5) adaptados para medir el desplazamiento o deformación de la zona más próxima a la periferia de la cara (11) correspondiente de la pieza base (1).

5 12.- Máquina según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde los medios de detección (5) se corresponden con un LVDT que está enfrentado a la zona de comprobación (110) correspondiente.

10 13.- Máquina según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en donde la pieza base (1) comprende una pluralidad de zonas de comprobación (110) en la cara (11) que se va a mecanizar, y la máquina comprende unos medios de detección (5) asociados a cada zona de comprobación (110), estando todos los medios de detección (5) comunicados con los medios de control (4).

15 14.- Máquina según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde la pieza acabada se corresponde con un disco acabado con dos caras (11, 12) opuestas, estando adaptada la máquina para producir discos acabados por mecanizado.

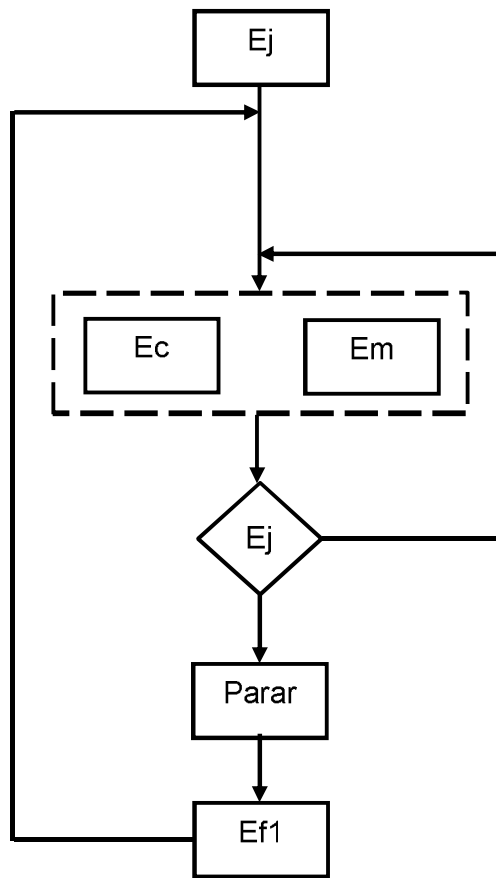


FIG. 1

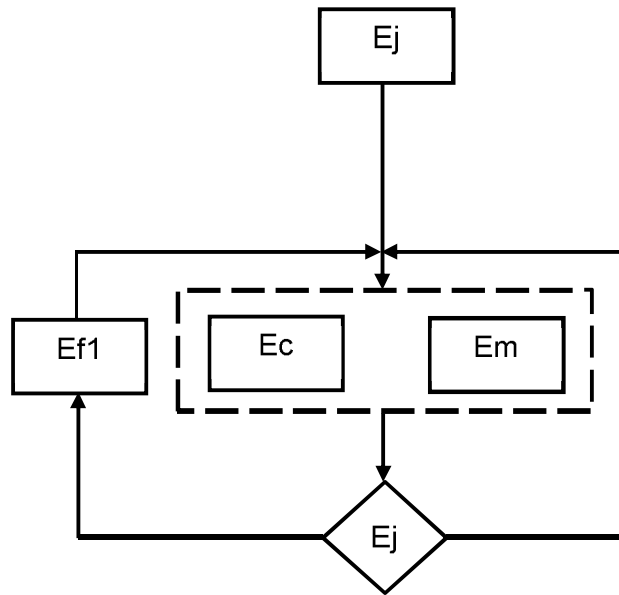


FIG. 2

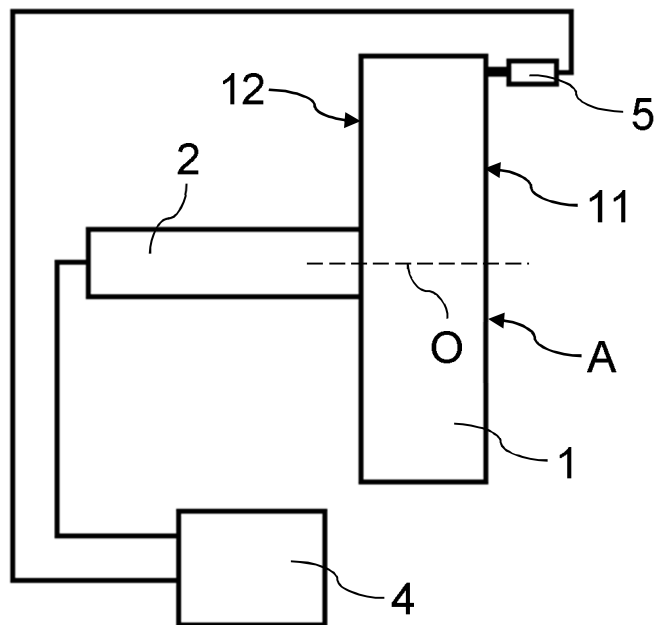


FIG. 3

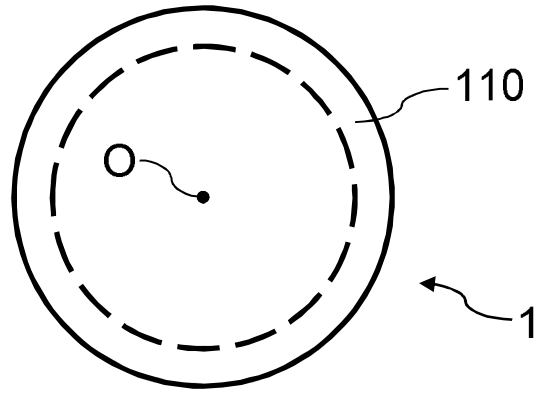


FIG. 4