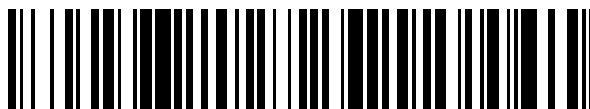


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 306**

51 Int. Cl.:

B24B 49/12 (2006.01)
B24B 27/00 (2006.01)
B24B 19/14 (2006.01)
B24B 19/26 (2006.01)
B25J 11/00 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2014 E 14179919 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2859995**

54 Título: **Sistema de pulimiento automatizado**

30 Prioridad:

08.10.2013 US 201314048591

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

26.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

TRNKA, THOMAS EDWARD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 610 306 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

Sistema de pulimiento automatizado

Información antecedente

- 5 En la fabricación de determinados objetos, en algunos casos se pueden crear inconsistencias de superficies indeseadas sobre las superficies de estos objetos. Como un ejemplo de ilustración, las operaciones de fresado se pueden realizar durante la fabricación del ala de una aeronave que puede resultar en inconsistencias de superficie fuera de tolerancia. Una operación de fresado es una operación de mecanización que retira material de una pieza de corte. Esta operación se puede realizar, por ejemplo, sin limitación, al cortar material de la pieza de corte, cortar ranuras en la pieza de corte, hacer roscas, trazar rutas, nivelar, perforar, y/o realizar otros tipos de operaciones de corte.
- 10 Las operaciones de fresado se pueden realizar utilizando una máquina de fresado. Una máquina de fresado puede incluir una o más ranuras de corte. Se puede utilizar una herramienta de corte para retirar material de un objeto mientras que la herramienta de corte se mueve con relación al objeto. En algunos casos, se crea una característica de superficie sobre la superficie del objeto después de que se realiza esta operación. Estas inconsistencias de superficie se pueden denominar como un "desajuste", un "desajuste de superficie" o un "desajuste de corte". El desajuste puede tomar la forma de, por
- 15 ejemplo, sin limitación, un borde elevado, un borde afilado u otro tipo de desajuste de superficie. El desajuste puede ser el resultado de, por ejemplo, procesos de etapas en la dirección de viaje. Como otro ejemplo, el desajuste puede ser el resultado de reemplazar una herramienta de corte por otra herramienta de corte.
- Cuando un desajuste esta por fuera de las tolerancias seleccionadas, se necesita la reelaboración del desajuste dentro de las tolerancias seleccionadas. Por ejemplo, se necesita pulir este desajuste dentro de las tolerancias seleccionadas.
- 20 Esta operación de pulimiento también se puede denominar "mezclar" el desajuste con el resto de la superficie del objeto. La mezcla del desajuste con una superficie se realiza normalmente utilizando un dispositivo de pulimiento operado manualmente. Sin embargo, la utilización de un dispositivo de pulimiento operado manualmente para mezclar múltiples desajustes puede consumir más tiempo y ser intensa en trabajo más de lo deseado. Adicionalmente, la calidad de la mezcla de los múltiples desajustes puede ser menos consistente de lo deseado cuando se realiza manualmente.
- 25 Adicionalmente, dependiendo de la forma, tamaño y tipo del objeto sobre el cual se ubican los desajustes, mezclar manualmente estos desajustes con la superficie del objetivo puede ser ergonómicamente difícil para un operador humano. Por ejemplo, utilizar un dispositivo de pulimiento operado manualmente puede provocar problemas ergonómicos con respecto a las manos, muñecas, brazos, hombros, y/o espalda del operador humano que trabaja con el dispositivo de pulimiento. Por lo tanto, sería deseable tener un método y aparato que tenga en cuenta por lo menos algunos de los
- 30 problemas discutidos anteriormente, así como otros posibles problemas. Un ejemplo de la técnica relacionada se puede encontrar en el documento US2002/072297.

Resumen

- 35 De acuerdo con un aspectos de la presente invención, se proporciona un método, que comprende realizar un primer tipo de operación sobre una serie de características de superficie sobre una superficie de un objeto utilizando un primer efector de extremo, que genera datos láser de retroalimentación acerca de una series de características de superficies después de que se ha realizado el primer tipo de operación utilizando un dispositivo láser y realizando un segundo tipo de operación sobre una serie de características de superficie utilizando un segundo efector de extremo y los datos láser de retroalimentación para reelaboración de la series de características de superficie hasta que la series de características de superficie haya sido reelaborada dentro de las tolerancias seleccionadas, caracterizada por la realización del primer tipo
- 40 de operación que comprende matificar un acabado reflectivo de una característica de superficie de una serie de características de superficie que utilizan una herramienta de matificación para permitir que el dispositivo láser mida las características de superficie y genere datos láser de retroalimentación.

- 45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato, que comprende un primer efector de extremo configurado para realizar un primer tipo de operación sobre una serie de características de superficie sobre una superficie de un objeto, un dispositivo láser configurado para generar datos láser de retroalimentación acerca de una serie de características de superficie después de que el primer tipo de operación se haya realizado, y un segundo efector de extremo configurado para realizar un segundo tipo de operación sobre una serie de características de superficie que utilizan los datos láser de retroalimentación para reelaborar la serie de características de superficie hasta que la serie de características de superficie hayan sido reelaboradas dentro de las tolerancias seleccionadas, caracterizado porque el
- 50 primer efector de extremo comprende una herramienta de matificación configurado para matificar un acabado reflectivo de una característica de superficie en la serie de características de superficie para permitir que el dispositivo láser mida la característica de superficie y genere los datos láser de retroalimentación.

De acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención, el aparato puede comprender un controlador, un primer dispositivo robótico y un segundo dispositivo robótico. El controlador se puede configurar para identificar una ruta sobre

una superficie de un objeto utilizando datos de control numéricos que se pueden utilizar previamente para realizar una serie de operaciones sobre la superficie del objeto que crea una serie de características de superficie.

5 El primer dispositivo robótico se puede configurar para mover el primer efector de extremo a lo largo de la ruta identificada. El primer dispositivo robótico se puede configurar adicionalmente para posicionar la herramienta de matificación sobre cada una de las series de características de superficie. El segundo efector de extremo puede comprender un dispositivo láser y una herramienta de pulimiento. El dispositivo láser se puede configurar para generar datos de láser de retroalimentación alrededor de la serie de características de superficie después que el acabado reflectivo de la serie de características de superficie se han matificado. La herramienta de pulimiento se puede configurar para uso en el pulimiento de una serie de características de superficies en función de los datos de láser de retroalimentación hasta que se ha pulido la serie de características de superficie dentro de las tolerancias seleccionadas. El segundo dispositivo robótico se puede configurar para mover el segundo efector de extremo a lo largo de la ruta identificada. El segundo dispositivo robótico se puede configurar adicionalmente para posicionar la herramienta de pulimiento y el dispositivo láser sobre cada una de las series de características de superficie.

15 Las características y funciones se pueden alcanzar independientemente en diversas realizaciones de la presente descripción o se pueden combinar en aun otras realizaciones en las que se pueden ver detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

20 Las características novedosas consideradas representativas de las realizaciones de la ilustración se establecen en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones de ilustración, sin embargo, así como el modo preferido de uso, objetivos adicionales y características de los mismos, se entenderán mediante referencia a la siguiente descripción detallada de una realización de ilustración de la presente descripción cuando se lee en conjunto con los dibujos acompañantes, en donde:

La figura 1 es una ilustración de una vista isométrica de un entorno de pulimiento de acuerdo con realización de ilustración;

25 La figura 2 es una ilustración de una vista magnificada de una parte de una superficie de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 3 es una ilustración de una vista isométrica magnificada de un primer dispositivo robótico y un primer efector de extremo de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 4 es una ilustración de una vista isométrica magnificada de un segundo dispositivo robótico de acuerdo con una realización de ilustración;

30 La figura 5 es una ilustración de un entorno de pulimiento de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 6 es una ilustración de una vista magnificada de un cepillo de aleta giratoria posicionado sobre una parte de una superficie de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 7 es una ilustración de un entorno de pulimiento con un primer dispositivo robótico y un segundo dispositivo robótico movido a posiciones nuevas de acuerdo con una realización de ilustración;

35 La figura 8 es una ilustración de una vista magnificada de una herramienta de pulimiento posicionada sobre una parte de una superficie de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 9 es una ilustración de un entorno de pulimiento de acuerdo con un dispositivo robótico y un segundo dispositivo robótico movido a posiciones finales de acuerdo con una realización de ilustración;

40 La figura 10 es una ilustración de un entorno de pulimiento en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 11 es una ilustración de un proceso para el pulimiento de una serie de características de superficie en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 12 es una ilustración de un proceso para pulir una serie de desajustes de superficie sobre una superficie de película de ala en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización de ilustración;

45 La figura 13 es una ilustración de un proceso para realizar una operación de pulimiento sobre un desajuste de superficie en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización de ilustración;

La figura 14 es una ilustración de un método de servicio y fabricación de aeronaves en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización de ilustración; y

La figura 15 es una ilustración de una aeronave en la forma de un diagrama de bloques en la que se puede implementar una realización de ilustración.

5 Descripción detallada

Las realizaciones de ilustración reconocen y tienen en cuenta diferentes consideraciones. Por ejemplo, las realizaciones de ilustración reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable tener un método y aparato para automatizar el procesamiento de mezcla de desajustes de superficie. Adicionalmente, las realizaciones de ilustración reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable tener un sistema de pulimiento automatizado capaz de trabajar sobre diferentes tipos de superficies, que incluyen superficies que tienen acabados reflectivos.

Las realizaciones de ilustración reconocen y tienen en cuenta que se pueden automatizar algunas máquinas de fresado actualmente disponibles. Por ejemplo, una máquina de fresado de control numérico por ordenador (CNC) es un tipo de máquina de fresado automatizada. La máquina de fresado de control numérico por ordenador se puede controlar mediante un ordenador utilizando un código de programación de control numérico. Las realizaciones de ilustración reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable utilizar el código de programación de control numérico utilizado para guiar una máquina de fresado a lo largo de una ruta particular para programar un sistema de pulimiento automatizado para seguir substancialmente la misma ruta.

De esta manera, las realizaciones de ilustración proporcionan un método y aparato para automatizar el pulimiento de desajustes de superficies sobre objetos, tal como películas de aviones. Utilizar el sistema de pulimiento automatizado descrito por las realizaciones de ilustración más abajo puede reducir el tiempo general y los recursos de trabajo necesarios para estos tipos de operaciones de pulimiento.

Con referencia ahora a las figuras y, en particular, con referencia a la figura 1, se describe una ilustración de una vista isométrica de un entorno de pulimiento de acuerdo con una realización de ilustración. Como se describe, el entorno de pulimiento 100 incluye piel 102 de ala, primer dispositivo 104 robótico y segundo dispositivo 106 robótico.

En este ejemplo de ilustración, se asocia el primer efector 108 de extremo con el primer dispositivo 104 robótico y el segundo efector 110 de extremo asociado con el segundo dispositivo 106 robótico. Como se utiliza aquí, cuando se "asociado" un componente con otro componente, la asociación es una asociación física en los ejemplos descritos.

Por ejemplo, un primer componente, tal como un primer efector 108 de extremo, se puede considerar que se asocia con un segundo componente, tal como un primer dispositivo 104 robótico, al ser asegurado al segundo componente, unido al segundo componente, montado al segundo componente, unido con soldadura al segundo componente, sujeto al segundo componente y/o conectado al segundo componente en alguna otra forma adecuada. El primer componente también se puede conectar al segundo componente utilizando un tercer componente. Adicionalmente, se puede considerar que el primer componente se asocia con el segundo componente al estar formado como parte de y/o como una extensión del segundo componente.

Como se describe, la película 102 de ala puede tener una superficie 111. En este ejemplo de ilustración, la superficie 111 puede tener un acabado reflectivo. En otras palabras, la superficie 111 puede ser una superficie reflectiva. Una máquina de fresado (no mostrada en esta vista) se utiliza para realizar operaciones de corte sobre la superficie 111 de la película 102 de ala. La máquina de fresado es una máquina de fresado de control numérico por ordenador (CNC) en este ejemplo de ilustración. La realización de las operaciones de corte utilizando esta máquina crea desajustes 112 de superficie sobre la superficie 111. Los desajustes 112 de superficie pueden tomar la forma de, por ejemplo, bordes elevados o afilados sobre la superficie 111 de la película 102 de ala.

En este ejemplo de ilustración, los desajustes 112 de superficie pueden estar fuera de tolerancia. En otras palabras, cada una de los desajustes 112 de superficie puede tener una o más dimensiones fuera de las tolerancias seleccionadas. Por ejemplo, cada una de los desajustes 112 de superficie puede ser elevado o extendido pasando la superficie 111 más allá de algún umbral seleccionado. Puede ser necesario que los desajustes 112 de superficie sean reelaborados para entrar en las tolerancias seleccionadas. En particular, puede ser necesario que los desajustes 112 de superficie se pulan y suavicen. Más particularmente, puede ser necesario que los desajustes 112 de superficie se mezclen con la superficie 111 dentro de las tolerancias seleccionadas.

Se puede utilizar el primer efector 108 de extremo para matificar el acabado reflectivo y alrededor de cada uno de los desajustes 112 de superficie. El matificado de este acabado reflectivo puede permitir que un dispositivo láser (no mostrado en esta vista) asociado con el segundo efector 110 de extremo mida mejor los desajustes 112 de superficie. Se puede utilizar el segundo efector 110 de extremo para pulir cada uno de los desajustes 112 de superficie para que queden dentro de las tolerancias seleccionadas basados en los datos láser de retroalimentación de este dispositivo láser.

Como se describe, los desajustes 112 de superficie pueden estar presentes en diferentes porciones de superficie 111. Por ejemplo, una porción de desajustes 112 de superficie pueden estar presentes en la parte 114 de la superficie 111 de la película 102 de ala.

En este ejemplo de ilustración, se puede unir el primer dispositivo 104 robótico al sistema 116 de riel, mientras que el segundo dispositivo 106 robótico se puede unir al sistema 118 de riel. La película 102 de ala se ha posicionado entre estos sistemas de riel. El primer dispositivo 104 robótico puede moverse en cualquier dirección a lo largo del eje 120 sobre el sistema 116 de riel para mover el primer efector 108 de extremo con relación a la película 102 de ala. De forma similar, un segundo efector 110 de extremo se puede mover en cualquier dirección a lo largo del eje 122 sobre sistema 118 de riel para mover el segundo efector 110 de extremo con relación a la película 102 de ala.

Como se describe, un primer dispositivo 104 robótico y un segundo dispositivo 106 robótico están en posición 124 inicial y posición 126 inicial, respectivamente. Estas posiciones iniciales pueden ser las posiciones en las cuales el primer dispositivo 104 robótico y el segundo dispositivo 106 robótico comienzan cuando un ala, tal como la película 102 de ala, se mueve en una posición seleccionada entre los sistemas 116 de riel y el sistema 118 de riel. Se describe en las figuras más adelante el proceso mediante el cual el primer dispositivo 104 robótico con el primer efector 108 de extremo y el segundo dispositivo 106 robótico con el segundo efector 110 de extremo se utilizan para pulir desajustes 112 de superficie sobre la superficie 111 de la película 102 de ala a tolerancias seleccionadas.

Con referencia ahora a la figura 2, se describe una ilustración de una vista magnificada de la parte 114 de superficie 111 de la figura 1 de acuerdo con una realización de ilustración. Como se describe, un grupo de desajustes 200 de superficie se presentan en la parte 114 de la superficie 111. El grupo de desajustes 200 de superficie pueden ser una parte de los desajustes 112 de superficie descritos en la figura 1.

En este ejemplo de ilustración, el grupo de desajustes 200 de superficie se puede alinear a lo largo de la ruta 202. La ruta 202 puede ser la ruta utilizada por la máquina de fresado para realizar operaciones de corte en la parte 114 de la superficie 111. El desajuste 204 de superficie es un ejemplo de un grupo de desajustes 200 de superficie. Como se describe, el desajuste 204 de superficie comprende una parte de superficie 111 que se eleva por encima de la parte circundante de la superficie 111. El desajuste 204 de superficie se puede pulir de tal manera que la parte de superficie 111 incluida en el desajuste 204 de superficie se puede mezclar con la parte de superficie 111 que rodea el desajuste 204 de superficie circundante.

Con referencia ahora a la figura 3, se describe una ilustración de una vista isométrica magnificada del primer dispositivo 104 robótico y el primer efector 108 de extremo de la figura 1 de acuerdo con una realización de ilustración. Como se describe, un primer efector 108 de extremo incluye la adhesión de la estructura 300 y la herramienta 302 de matificado. La unión de la estructura 300 se utiliza para unir el primer efector 108 de extremo al primer dispositivo 104 robótico.

La herramienta 302 de matificado toma la forma de un cepillo 304 de aleta giratoria en este ejemplo de ilustración. En particular, el cepillo 304 de aleta giratoria puede girar alrededor del eje 306. El cepillo 304 de aleta giratoria tiene superficie 308 externa. La superficie 308 externa puede tener una textura configurada para retirar un acabado, tal como el acabado reflectivo sobre la superficie 111 de la película 102 de ala en las figuras 1 a 2. En este ejemplo de ilustración, la superficie 308 externa puede ser una superficie abrasiva.

Como se describe, el primer dispositivo 104 robótica toma la forma de un brazo 310 robótico conectado a la base 312. El brazo 310 robótico se puede configurar para mover el primer efector 108 de extremo, y por lo tanto girar el cepillo 304 de aleta, en una serie de direcciones diferentes. La base 312 se configura para unirse al sistema 116 de riel de la figura 1.

Con referencia ahora a la figura 4, se describe una ilustración de una vista isométrica magnificada del segundo dispositivo 106 robótico de la figura 1 de acuerdo con una realización de ilustración. Como se describe, el segundo efector 110 de extremo incluye la estructura 400 de unión, herramienta 402 de pulimiento, dispositivo 404 láser y la caja 405 de control. Se utiliza la estructura 400 de unión para unir el segundo efector 110 de extremo al segundo dispositivo 106 robótico.

La herramienta 402 de pulimiento toma la forma de una almohadilla 406 para pulir en este ejemplo de ilustración. La almohadilla 406 para pulir puede tener la superficie 408 para pulir que se puede utilizar para pulir cuando la almohadilla 406 para pulir gira alrededor del eje 410. La caja 405 de control puede incluir una unidad de control (no mostrada) que se utiliza para controlar la operación de la almohadilla 406 para pulir. La unidad de control puede ser, por ejemplo, una unidad de procesador que controla una serie de parámetros que pueden incluir, pero no se limitan a, la velocidad de rotación de la almohadilla 406 para pulir alrededor del eje 410, la serie de giros completados para cada desajuste de superficie que se pule, la presión aplicada a una superficie por la almohadilla 406 para pulir, y otros tipos de parámetros.

La presión aplicada a una superficie mediante la almohadilla 406 para pulir puede ser controlada mediante el control del movimiento de la almohadilla 406 para pulir en una dirección a lo largo del eje 410. Por ejemplo, la almohadilla 406 para pulir se puede mover hacia abajo hacia una superficie para aplicar presión a la superficie.

En este ejemplo de ilustración, el dispositivo 404 láser se une a la caja 405 de control. De esta forma, el dispositivo 404 láser se asocia con el segundo efector 110 de extremo al ser parte del segundo efector 110 de extremo. El dispositivo 404 láser se puede utilizar para generar rayos 412 láser que se utilizan para medir un desajuste de superficie. Estas mediciones láser se pueden enviar a la unidad de control y utilizar mediante la unidad de control para generar uno o más comandos para el segundo dispositivo 106 robótico y/o para ajustar la operación de la almohadilla 406 para pulir.

Como se describe, el segundo dispositivo 106 robótica toma la forma de un brazo 414 robótico conectado a la base 416. El brazo 414 robótico se puede configurar para mover el segundo efector 110 de extremo y por lo tanto la almohadilla 406 para pulir, en una serie de diferentes direcciones. La base 416 se configura para unirse al sistema 118 de riel de la figura 1.

Con referencia ahora a la figura 5, se describe una ilustración del entorno 100 de pulimiento de la figura 1 de acuerdo con una realización de ilustración. En este ejemplo de ilustración, se ha movido un primer dispositivo 104 robótico en la dirección de la flecha 500 desde la posición 124 inicial en la figura 1 a la posición 502. En la posición 502, el primer dispositivo 104 robótico se puede posicionar para girar el cepillo 304 de aleta sobre la parte 114 de la superficie 111 de tal manera que se puede matificar el acabado reflectivo sobre el grupo de desajustes 200 de superficie.

Volviendo ahora a la figura 6, una ilustración de una vista magnificada del cepillo 304 aleta giratoria posicionado sobre la parte 114 de la superficie 111 se describe de acuerdo con una realización de ilustración. En particular, la vista magnificada del cepillo 304 de aleta giratoria posicionado sobre la parte 114 de la superficie 111 tomada con respecto a las líneas 6-6 en la figura 5.

El primer dispositivo 104 robótico se configura para guiar el cepillo 304 de aleta giratoria a lo largo de la ruta 202, en función del código de programación de control numérico que se utiliza para controlar la máquina de fresado que realiza las operaciones de corte a lo largo de la ruta 202. En este ejemplo de ilustración, el primer dispositivo 104 robótico se configura para girar el cepillo 304 de aleta giratoria en la dirección de la flecha 600 alrededor del eje 306, mientras mueve el cepillo 304 de aleta giratoria en la dirección de la flecha 602 substancialmente a lo largo de la ruta 202. Cuando se mueve el cepillo 304 de aleta giratoria en la dirección de la flecha 602, el cepillo 304 de aleta giratoria hace contacto con la superficie 111 y, por consiguiente, matifica el acabado reflectivo en la parte 114 de la superficie 111.

En particular, se matifica el acabado reflectivo sobre el grupo de desajustes 200 de superficie y la parte de superficie 111 que rodea el grupo de desajustes 200 de superficie. Al matificar este acabado reflectivo, el cepillo 30 de aleta giratoria prepara esta área para el dispositivo 404 láser en la figura 4. El dispositivo 404 láser puede ser incapaz de tomar mediciones de superficie 111 con un nivel de precisión deseado cuando la superficie 111 es reflectiva.

Con referencia ahora a la figura 7, se describe una ilustración del entorno 100 de pulimiento de la figura 1 con el primer dispositivo 104 robótico y el segundo dispositivo 106 robótico movido a nuevas posiciones de acuerdo con una realización de ilustración. En este ejemplo de ilustración, el primer dispositivo 104 robótico ha completado las operaciones de matificado sobre la parte 114 de superficie 111 y se ha movido a la posición 700. Adicionalmente, se ha movido el segundo dispositivo 106 robótico segundo en la dirección de la flecha 701 a la posición 702. En la posición 702, el segundo dispositivo 106 robótico puede posicionar la almohadilla 406 de pulimiento sobre la parte 114 de la superficie 111 y el grupo de desajustes 200 de superficie sobre la parte 114 de la superficie 111.

Volviendo ahora a la figura 8, se describe una ilustración de una vista magnificada de la herramienta 402 de pulimiento posicionada sobre la parte 114 de la superficie 111 de acuerdo con una realización de ilustración. En particular, se describe la vista magnificada de la herramienta 402 de pulimiento posicionada sobre la parte 114 de la superficie 111 tomada con respecto a las líneas 8-8 en la figura 7.

El segundo dispositivo 106 robótico se configura para guiar la almohadilla 406 de pulimiento a lo largo de la ruta 202 en función del código de programación de control numérico que se utiliza para controlar la máquina de fresado que realiza las operaciones de corte a lo largo de la ruta 202. El segundo dispositivo 106 robótico gira la almohadilla 406 de pulimiento en la dirección de la flecha 800 alrededor del eje 410, mientras que mueve la almohadilla 46 de pulimiento en la dirección de la flecha 802 substancialmente a lo largo de la ruta 202 a cada uno del grupo de desajustes 200 de superficie.

La unidad de control en la caja 405 de control utiliza datos láser de retroalimentación generados por el dispositivo 404 láser para controlar la operación, movimiento y posicionamiento de la almohadilla 406 de pulimiento sobre cada uno del grupo de desajustes 200 de superficie de tal manera que cada uno del grupo de desajustes 200 de superficie se pule dentro de las tolerancias seleccionadas.

Con referencia ahora a la figura 9, se describe una ilustración de un entorno 100 de pulimiento de la figura 1 con el primer dispositivo 104 robótico y el segundo dispositivo 106 robótico movido a posiciones finales de acuerdo con una realización de ilustración. En este ejemplo de ilustración, se han completado todas las operaciones de pulimiento y se han pulido todos los desajustes 112 de superficie y mezclado con el resto de la superficie 111 dentro de las tolerancias seleccionadas.

El primer dispositivo 104 robótico y el segundo dispositivo 106 robótico se han movido a la posición 900 final y a la posición 902 final, respectivamente.

Una vez se ha movido la película 102 de ala fuera del entorno 100 de pulimiento, se puede mover de nuevo el primer dispositivo 104 robótico y el segundo dispositivo 106 robótico a la posición 124 inicial y a la posición 126 inicial, respectivamente, de la figura 1, para realizar las operaciones de pulimiento sobre un ala diferente. De esta forma, e puede automatizar el proceso de pulir los desajustes de superficies sobre las superficies de ala.

Las ilustraciones del entorno 100 de pulimiento, película 102 de ala, primer dispositivo 104 robótico, segundo dispositivo 106 robótico, primer efector 108 de extremo y segundo efector 110 de extremo en las figuras 1 a 9, no significa que impliquen limitaciones físicas o arquitectónicas para la forma en la que se puede implementar una realización de ilustración. Se pueden utilizar otros componentes además de o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales.

Los diferentes componentes mostrados en las figuras 1 a 9 pueden ser ejemplos de ilustración de cómo los componentes mostrados en forma de bloques en la figura 10 adelante se pueden implementar como estructuras físicas. Adicionalmente, algunos de los componentes en las figuras 1 a 9 se pueden combinar con componentes en la figura 10, utilizados con componentes en la figura 10, o una combinación de los dos.

Con referencia ahora a la figura 10, se escribe una ilustración de un entorno de pulimiento en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización de ilustración. El entorno 100 de pulimiento en la figura 1 es un ejemplo de una forma en la que un entorno 1000 de pulimiento se puede implementar. Como se describe, el entorno 1000 de pulimiento puede ser un entorno en el que se pueden realizar las operaciones de pulimiento sobre la superficie 1004 del objeto 1002. En este ejemplo de ilustración, el objeto 1002 toma la forma de la película 1006 de ala. Sin embargo, en otros ejemplos de ilustración, el objeto 1002 puede tomar la forma de algún otro tipo de objeto tal como, pero no limitado a, una película de fuselaje, una puerta de metal, una placa de metal, un larguero o algún otro tipo de objeto.

El número de características 1008 de superficie puede estar presentes sobre la superficie 1004. Como se utiliza aquí, "una serie de" elementos pueden incluir uno o más elementos. De esta forma, la serie de características 1008 de superficie puede incluir una o más características de superficie.

El número de características 1008 de superficie puede tomar la forma del número de desajustes 1010 superficie en este ejemplo de ilustración. El número de desajustes 1010 de superficie puede haber sido creado mediante la herramienta 1012 de corte. En un ejemplo de ilustración, la herramienta 1012 de corte puede ser parte de la máquina de 1014 fresado. En particular, la maquina 1014 de fresado puede tomar la forma de la máquina 1016 de fresado controlada numérica por ordenador. La herramienta 1012 de corte puede haber sido controlada por la máquina 1014 de fresado para realizar operaciones de corte a lo largo de la ruta 1018 sobre superficie la 1004 en funciona de los datos 1019 de control numérico. Los datos 1019 de control numéricos pueden controlar el código de programación de control numérico.

El primer efector 1020 de extremo y el segundo efector 1022 de extremo se pueden utilizar para reelaborar el número de desajustes 1010 de superficie dentro de las tolerancias seleccionadas. En particular, el primer efector 1020 de extremo se puede utilizar para realizar el primer tipo de operación 1021 sobre la serie de desajustes 1010 de superficie, mientras que el segundo efector 1022 de extremo se puede utilizar para realizar el segundo tipo de operación 1023 sobre la serie de desajustes 1010 de superficie.

Como se describe, el primer efector 1020 de extremo se asocia con el primer dispositivo 1024 robótico y el segundo efector 1022 de extremo se asocia con el segundo dispositivo 1026 robótico en este ejemplo de ilustración. El primer dispositivo 1024 robótico y el segundo dispositivo 1026 pueden tomar la forma de, por ejemplo, brazos robóticos.

El primer efector 1020 de extremo puede incluir la herramienta 1028 de matificado. La herramienta 1028 de matificado se configura para realizar la operación 1031 de matificado, que incluye matificar el acabado 1030 reflectivo sobre la porción de la superficie 1004 a lo largo de la ruta 1018. La operación 1031 de matificado puede ser un ejemplo del primer tipo de operación 1021. De esta forma, se puede matificar el acabado 1030 reflectivo sobre la serie de desajustes 1010 de superficie y la parte de superficie 1004 que rodea la serie de desajustes 1010 de superficie a lo largo de la ruta 1018. En un ejemplo de ilustración, la herramienta 1028 de matificado toma la forma de un cepillo 1034 de aleta giratoria.

El primer dispositivo 1024 robótico puede controlar el movimiento del primer efector 1020 de extremo. Por ejemplo, el primer dispositivo 1024 robótico se puede utilizar para mover y posicionar la herramienta 1028 de matificado del primer efector 1020 de extremo con relación a la superficie 1004. El primer dispositivo 1024 robótico puede identificar la ruta 1018 a lo largo de la cual se forma la serie de desajustes 1010 de superficie en función de los datos 1019 de control numéricos. El primer dispositivo robótico 1024 puede mover la herramienta 1028 de matificado a lo largo de la ruta 1018 de tal manera que el acabado 1030 reflectivo de la parte de superficie 1004 a lo largo de la ruta 1018 se puede matificar mediante la herramienta 1028 de matificado.

El segundo efector 1022 de extremo puede incluir la herramienta 1036 de matificado. La herramienta 1036 de matificado se configura para realizar la operación 1037 de matificado, que incluye matificar la serie de desajustes 1010 superficie. La operación 1037 de matificado es un ejemplo del segundo tipo de operación 1023. En un ejemplo de ilustración, la herramienta 1036 de matificado toma la forma de almohadilla 1038 de matificado.

5 El segundo dispositivo 1026 robótico puede controlar el movimiento del segundo efector 1022 de extremo. Por ejemplo, el segundo dispositivo 1026 robótico se puede utilizar para mover y posicionar la herramienta 1036 de matificado del segundo efector 1022 de extremo con relación a la superficie 1004. El segundo dispositivo 1026 robótico puede identificar la ruta 1018 a lo largo de la cual se forma la serie de desajustes 1010 superficie en función de los datos 1019 de control numérico. El segundo dispositivo 1026 robótico puede mover la herramienta 1036 de matificado a cada uno de una serie
10 de desajustes 1010 de superficie de tal manera que cada uno de la serie de desajustes 1010 de superficie se puede matificar dentro de tolerancias 1040 seleccionadas.

En este ejemplo de ilustración, la herramienta 1036 de matificado realiza la operación 1037 de matificado en función de los datos 1042 láser de retroalimentación recibidos del dispositivo 1044 láser. El dispositivo 1044 láser se puede asociar con el segundo efector 1022 de extremo. En este ejemplo de ilustración, el dispositivo 1044 láser se considera parte del
15 segundo efector 1022 de extremo. Sin embargo, en otros ejemplos de ilustración, el dispositivo 1044 láser se puede considerar separado del segundo efector 1022 de extremo.

El dispositivo 1044 láser se configura para generar datos 1042 láser de retroalimentación al medir cada uno de una serie de desajustes 1010 de superficie cuando el segundo efector 1022 de extremo se mueve a lo largo de la ruta de 1018. En este ejemplo de ilustración, el controlador 1046 puede recibir datos 1042 de láser de retroalimentación y controlar la
20 operación de la herramienta 1036 de pulimiento en función de los datos 1042 de láser de retroalimentación. Por ejemplo, el controlador 1046 puede utilizar datos 1042 de láser de retroalimentación para ajustar una serie de parámetros para la herramienta 1036 de pulimiento. Estos parámetros pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, velocidad de rotación, número de giros, presión aplicada a una superficie, y/o otros tipos de parámetros.

En un ejemplo de ilustración, el controlador 1046 se forma mediante la primera unidad 1048 de control y la segunda unidad 1050 de control. La primera unidad 1048 de control se puede implementar dentro del primer dispositivo 1024 robótico y utilizar para controlar la operación el primer dispositivo 1024 robótico y el primer efector 1020 de extremo.
25

La segunda unidad 1050 de control se puede implementar dentro de un segundo dispositivo 1026 robótico y el segundo efector 1022 de extremo. En algunos casos, una parte de la segunda unidad 1050 de control se puede implementar en el segundo dispositivo 1026 robótico, mientras que otra parte de la segunda unidad 1050 de control se puede implementar
30 dentro del segundo efector 1022 de extremo.

En este ejemplo de ilustración, el primer dispositivo 1024 robótico y segundo dispositivo 1026 robótico se pueden programar utilizando los datos 1019 de control numéricos de tal manera que el primer efector 1020 de extremo y el segundo efector 1022 de extremo, respectivamente, se pueden mover hacia una línea central de la ruta 1018. Sin embargo, en otros ejemplos de ilustración, se pueden utilizar datos 1019 de control numéricos para identificar una ruta modificada. Esta ruta modificada se puede desfasar de una línea central de la ruta 1018 en alguna distancia. Esta distancia
35 puede ser constante a lo largo de la ruta 1018 o puede variar a lo largo de la ruta 1018, dependiendo de la implementación. La ruta modificada se puede utilizar luego para guiar el primer efector 1020 de extremo y el segundo efector 1022 de extremo a lo largo de la superficie 1004 del objeto 1002 en lugar de ruta 1018. La ruta modificada puede indicar más precisamente la ubicación de cada una de la serie de desajustes 1010 de superficie.

La ilustración del entorno 1000 de pulimiento en la figura 10 no significa que implique limitaciones físicas o arquitectónicas a la forma en la que se puede implementar una realización de ilustración. Adicionalmente se pueden utilizar otros componentes a o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales. También, los bloques se representan para ilustrar algunos componentes funcionales. Unos o más de estos bloques se pueden combinar, dividir, o
40 combinar y dividir en diferentes bloques cuando se implementan en una realización de ilustración.

En algunos ejemplos de ilustración, se puede incluir una serie de características 1008 de superficie de bordes del objeto 1002. Estos bordes pueden ser bordes externos del objeto 1002. En estos ejemplos, el primer efector 1020 de extremo y/o el segundo efector 1022 se pueden utilizar para cambiar la forma de estos bordes. Como un ejemplo ilustrativo, el cepillo 1034 de aleta giratoria se puede utilizar para suavizar los bordes externos del objeto 1002. De esta forma, el cepillo 1034 de aleta giratoria puede utilizar para realizar otras operaciones además de la operación 1031 de matificado.
45

Los bordes externos del objeto 1002 se pueden redondear para preparar la superficie 1004 del objeto 1002, por ejemplo, un proceso de granallado. Un proceso de granallado implica impactar una superficie con partículas de disparo con suficiente fuerza para provocar la deformación plástica de la superficie 1004 de objeto 1002. Sin embargo, cuando las partículas de disparo impactan un borde afilado, tal como el borde externo de un objeto, las fuerzas de las partículas de disparo pueden provocar una inconsistencia indeseada para formar el borde del objeto.
50

- Por consiguiente, puede ser deseable utilizar el cepillo 1034 de aleta giratoria para suavizar los bordes del objeto 1002 antes de realizar el proceso de granallado. Este tipo de suavizamiento de los bordes se puede denominar como un "ruptura de borde" o "redondeado de borde." Se pueden utilizar los datos 1019 de control numérico para programar el primer 1024 robótico para mover el cepillo 1034 de aleta giratoria a lo largo de los bordes del objeto 1002 para suavizar o redondear estos bordes. De esta manera, se puede redondear un borde del objeto 1002 utilizando el primer efector 1020 de extremo en función de los datos 1019 de control numérico utilizados para formar el objeto 1002.
- Con referencia ahora a la figura 11, se describe una ilustración de un proceso para pulir una serie de características de superficie en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización de ilustración. El proceso ilustrado en la figura 11 se puede implementar en un entorno 100 de pulimiento en la figura 1.
- El proceso puede empezar realizando un primer tipo de operación en una serie de características de superficie sobre una superficie de un objeto utilizando un primer efector de extremo (operación 1100). Luego se pueden generar los datos láser de retroalimentación alrededor de un número de características de superficie después de que el primer tipo de operación se ha realizado utilizando un dispositivo láser (operación 1102).
- Se puede realizar un segundo tipo de operación sobre una serie de características de superficies que utilizan un segundo efector de extremo y los datos láser de retroalimentación para reelaborar el número de características de superficies hasta que el número de características de superficie haya sido reelaborado dentro de las tolerancias seleccionadas (operación 1104), con el proceso de finalización posterior.
- Con referencia ahora a la figura 12, se describe una ilustración de un proceso para pulir una serie de desajustes de superficie sobre una superficie de película de ala en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización de ilustración. El proceso ilustrado en la figura 12 se puede implementar en un entorno 100 de pulimiento en la figura 1.
- El proceso puede iniciar identificando una ruta sobre una superficie de un objeto utilizando datos de control numéricos que se pueden utilizar previamente para realizar una serie de operaciones sobre la superficie del objeto que crea una serie de características de superficie (operación 1200). Se puede mover un primer efector de extremo sobre una superficie del objeto a lo largo de la ruta identificada (operación 1202). Se puede matificar un acabado reflectivo de cada una de la serie de características de superficie que utilizan una herramienta de matificación del primer efector de extremo mientras que se mueve el primer efector de extremo a lo largo de la ruta (operación 1204).
- Se puede mover un segundo efector de extremo sobre la superficie del objeto a lo largo de la ruta identificada (operación 1206). Se pueden generar datos láser de retroalimentación alrededor de la serie de características de superficie utilizando un dispositivo láser asociado con el segundo efector de extremo mientras se mueve el segundo efector de extremo a lo largo de la ruta identificada (operación 1208). Cada característica de superficie en la serie de características de superficie puede ser pulido dentro de las tolerancias seleccionadas utilizando una herramienta de matificación del segundo efector de extremo y los datos láser de retroalimentación generados por el dispositivo láser mientras que se mueve el segundo efector de extremo a lo largo de la ruta identificada (operación 1210), terminando el proceso posteriormente.
- Con referencia ahora a la figura 13, se describe una ilustración de un proceso para realizar una operación de pulimiento sobre un desajuste de superficie en la forma de un diagrama de flujo de acuerdo con una realización de ilustración. El proceso ilustrado en la figura 13 se puede implementar en un entorno 100 de pulimiento en la figura 1. Este proceso se puede utilizar para implementar operaciones 1208 y 1210 en la figura 12.
- El proceso comienza al generar una medición de desajuste para una característica de superficie en una dirección longitudinal y en una dirección trasversal utilizando un dispositivo láser (operación 1300). Se puede hacer una determinación en cuanto a si la medición de desajuste de la característica de superficie en la dirección longitudinal o la dirección trasversal está dentro de las tolerancias seleccionadas (operación 1302).
- Si la medición de desajuste de la característica de superficie está dentro de las tolerancias seleccionadas en la dirección longitudinal y la dirección trasversal, finaliza el proceso. De otra forma, si la medición de desajuste de la característica de superficie en la dirección longitudinal o la dirección trasversal no está dentro de las tolerancias seleccionadas, se utiliza una herramienta de pulimiento para pulir la característica de superficie dentro de las tolerancias seleccionadas (operación 1304), el proceso regresa luego a la operación 1300 como se describió anteriormente. De esta forma, la característica de superficie que se ha pulido se puede reevaluar al generar otra medición de desajuste para la característica de superficie.
- Las realizaciones de la ilustración de la divulgación se pueden describir en el contexto del método 1400 de servicio y fabricación de aeronaves como se muestra en la figura 14 y aeronaves 1500 como se muestra en la figura 15. Volviendo primero a la figura 14, se describe una ilustración de un método de servicio y fabricación de aeronaves en la forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización de ilustración. Durante la producción, el método 1400 de servicio y fabricación de aeronaves puede incluir especificación y diseño 1402 de aeronaves 1500 en la figura 15 y adquisición 1404 de material.

Durante la producción, tiene lugar el componente y subensamblaje de fabricación 1406 y el sistema 1408 de integración de la aeronave 1500 en la figura 15. Después de eso, la aeronave 1500 en la figura 15 puede pasar la certificación y entrega 1410 con el fin de ser colocada en servicio 1412. Mientras está en servicio 1412 por un cliente, la aeronave 1500 en la figura 15 se programa para mantenimiento de rutina y servicio 1414, que puede incluir modificación, reconfiguración, reparación y otro mantenimiento o servicio.

Cada uno de los procesos del método 1400 de servicio y fabricación de aeronaves se puede realizar o llevar a cabo mediante un sistema integrado un tercero y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Para los propósitos de esta descripción, un sistema integrador puede incluir, sin limitación, cualquier serie de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistema principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier serie de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización que presta servicios y así sucesivamente.

Con referencia ahora a la figura 15, se describe una ilustración de una aeronave en la forma de un diagrama de bloques en el que se puede implementar una realización de ilustración. En este ejemplo, la aeronave 1500 se produce mediante el método 1400 de servicio y fabricación de aeronaves en la figura 14 y pueden incluir estructuras aéreas 1502 con una pluralidad de sistemas 1504 en interior 1506. Ejemplos de los sistemas 1504 incluyen uno o más sistemas 1508 de propulsión, sistema 1510 eléctrico, sistema 1512 hidráulico, y sistema 1514 ambiental. Se puede incluir cualquier serie de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, se pueden aplicar diferentes realizaciones de ilustración a otras industrias tal como la industria automotriz.

Los aparatos y métodos incorporados aquí se pueden emplear durante por lo menos una de las etapas del método 1400 de servicio y fabricación de aeronaves en la figura 14. En un ejemplo de ilustración, se pueden fabricar componentes o subensambles producidos en componentes y fabricación de subensambles 1406 en la figura 14 o fabricar en una forma similar a los componentes o subensambles producidos mientras la aeronave 1500 está en servicio 1412 en la figura 14. Aún como otro ejemplo, se pueden utilizar uno o más realizaciones de aparatos, realizaciones de método o una combinación de los mismos durante las etapas de producción, tal como fabricación 1406 de componente y subensambles y sistemas 1408 integración en la figura 14. Una o más realizaciones de aparatos, incorporación de método o una combinación de los mismos se pueden utilizar mientras que la aeronave 1500 está en servicio 1412 o durante mantenimiento y servicio 1414 en la figura 14. El uso de una serie de realizaciones de ilustración diferentes puede ser substancialmente fácil el ensamble de y/o reducción del costo de la aeronave 1500.

Los diagramas de bloques y diagramas de flujos en las diferentes realizaciones descritas ilustran la arquitectura, funcionalidad, y operación de algunas posibles implementaciones de aparatos y métodos en una realización de ilustración. En este respecto, cada bloque en el diagrama de flujo o diagramas de bloques puede representar un módulo, un segmento, una función, y/o una porción de una operación o etapa.

En algunas implementaciones alternas de una realización de ilustración, la función o funciones anotadas en los bloques se pueden presentar fuera del orden anotado en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques mostrados consecutivamente se pueden ejecutar substancialmente concurrentemente, o los bloques se pueden realizar en algunos casos en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. También, se pueden agregar otros bloques en adición a los bloques ilustrados en un diagrama de flujo o diagrama de bloques.

La descripción de las diferentes realizaciones de ilustración se ha presentado para propósitos de ilustración y descripción, y no se pretende que sean exhaustivos o limiten a las realizaciones en la forma descrita. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para aquellos expertos en la técnica. Adicionalmente, diferentes realizaciones de ilustración pueden proporcionar diferentes características como se compara con otras realizaciones deseables. La realización o realizaciones seleccionadas son elegidas y descritas con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y permitir a los expertos en la técnica comprender la descripción de varias realizaciones con varias modificaciones son adecuadas para el uso particular contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

realizar (1100) un primer tipo de operación (1021) en una serie de características (1008) de superficie sobre una superficie (1004) de un objeto (1002) que utiliza un primer efector (1020) de extremo;

5 generar (1102) datos (1042) de láser de retroalimentación alrededor de una serie de características (1008) de superficie después de que se ha realizado el primer tipo operación (1021) utilizando un dispositivo (1044) láser; y

10 realizar (1104) un segundo tipo de operación (1023) sobre una serie de características (1008) de superficie utilizando un segundo efector (1022) de extremo y los datos (1042) de láser de retroalimentación para reelaborar la serie de características (1008) de superficie hasta la serie de características (1008) de superficie se ha reelaborado dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas; caracterizado porque realizar el primer tipo de operación (1021) comprende matificar un acabado (1030) reflectivo de una característica de superficie en la serie de características (1008) de superficie utilizando una herramienta (1028) de matificado para permitir que el dispositivo (1044) láser mida la característica de la superficie y generar los datos (1042) láser de retroalimentación.

2. El método de la reivindicación 1, en el que la realización del segundo tipo de operación (1023) comprende:

15 pulir la característica de superficie utilizando una herramienta (1036) de pulimiento y los datos (1042) de láser de retroalimentación hasta que la característica de superficie haya sido pulida dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas.

3. El método de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

20 identificar (1200) una ruta (1018) sobre una superficie (1004) del objeto (1002) utilizando datos (1019) de control numéricos que se utilizaron previamente para realizar una serie de operaciones sobre la superficie (1004) del objeto (1002) que crea la serie de características (1008) de superficie.

4. El método de la reivindicación 3, en el que la realización del primer tipo de operación (1021) comprende:

mover (1202) el primer efector (1020) de extremo sobre la superficie (1004) del objeto (1002) a lo largo de la ruta (1018) identificada; y

25 matificar (1204) un acabado (1030) reflectivo de cada uno del número de características (1008) de superficie utilizando una herramienta (1028) de matificado del primer efector (1020) de extremo mientras que mueve el primer efector (1020) de extremo a lo largo de la ruta (1018).

5. El método de la reivindicación 3, en el que la realización del segundo tipo de operación (1023) comprende:

mover (1206) el segundo efector (1022) de extremo sobre la superficie (1004) del objeto (1002) a lo largo de la ruta (1018) identificada; y

30 pulir (1210) cada característica de superficie en la serie de características (1008) de superficie dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas utilizando una herramienta (1036) de pulimiento el segundo efector (1022) de extremo y los datos (1042) de láser de retroalimentación mientras que mueve el segundo efector (1022) de extremo a lo largo de la ruta (1018).

6. El método de reivindicación 1, en el que generar los datos (1042) de láser de retroalimentación comprende:

35 generar (1300) una medición de desajuste para una característica de superficie en la serie de características (1008) de superficie en una dirección longitudinal y en una dirección trasversal utilizando un dispositivo (1044) láser, en el que la característica de superficie es un desajuste de superficie.

7. El método de la reivindicación 6, en el que la realización del segundo tipo de operación (1023) comprende:

determinar (1302) si la medición de desajuste para la característica de superficie en la dirección longitudinal o en la dirección trasversal está dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas; y

40 pulir la característica de superficie utilizando una herramienta (1036) de pulimiento del segundo efector (1022) de extremo en respuesta a una determinación de que la medición de desajuste para la característica de superficie en la dirección longitudinal o la dirección trasversal no están dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas.

8. Un aparato que comprende:

un primer efector (1020) de extremo configurado para realizar un primer tipo de operación (1021) sobre una serie de características (1008) de superficie sobre una superficie (1004) de un objeto (1002);

un dispositivo (1044) láser configurado para generar datos (1042) de láser de retroalimentación alrededor de la serie de características (1008) de superficie después que el primer tipo de operación (1021) se ha realizado; y

- 5 un segundo efector (1022) de extremo configurado para realizar un segundo tipo de operación (1023) sobre la serie de características (1008) de superficie utilizando los datos (1042) de láser de retroalimentación para reelaborar la serie de características (1008) de superficie hasta que se haya reelaborado las características (1008) de superficie dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas;

- 10 caracterizado porque el primer efector (1020) de extremo comprende una herramienta (1028) de matificado configurada para matificar un acabado (1030) reflectivo de una característica de superficie en la serie de características (1008) de superficie para permitir que el dispositivo (1044) mida la característica de superficie y genere los datos (1042) de láser de retroalimentación.

9. El aparato de la reivindicación 8, en el que el segundo efector (1022) de extremo comprende:

- 15 una herramienta (1036) de pulimento configurada para pulir la característica de superficie utilizando datos (1042) de láser de retroalimentación hasta que se ha pulido la característica de superficie dentro de las tolerancias (1040) seleccionadas.

10. El aparato de la reivindicación 8 que comprende adicionalmente:

un controlador (1046) configurado para identificar una ruta (1018) sobre la superficie (1004) del objeto (1002) utilizando datos (1019) de control numéricos que se utilizaron anteriormente para realizar una serie de operaciones sobre la superficie (1004) del objeto (1002) que crean la serie de características (1008) de superficie.

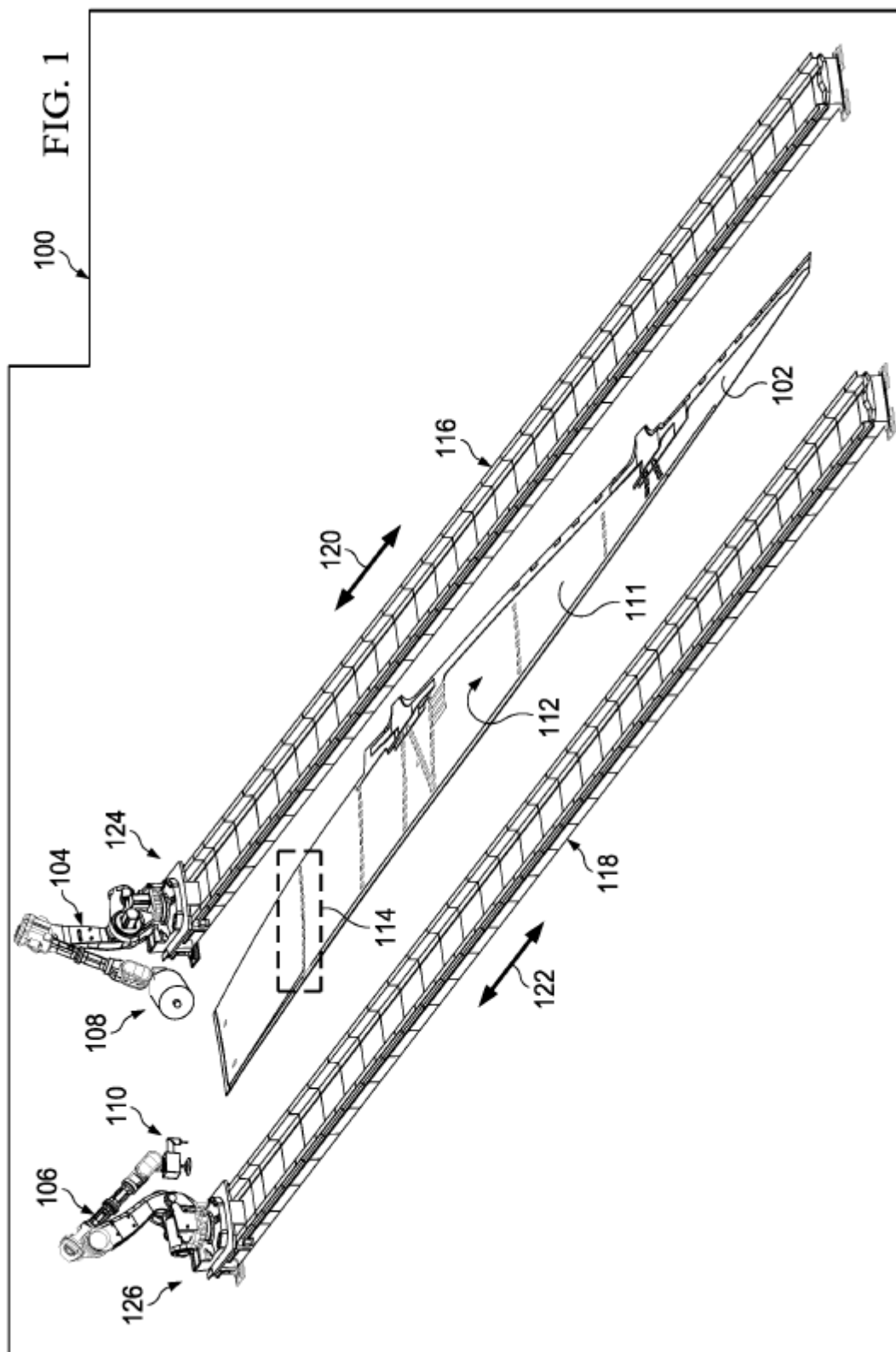
- 20 11. El aparato de la reivindicación 10, en el que el controlador (1046) se configura para controlar un primer dispositivo (1024) robótico para mover el primer efector (1020) de extremo sobre la superficie (1004) del objeto (1002) a lo largo de la ruta (1018) identificada.

- 25 12. El aparato de la reivindicación 10, en el que el controlador (1046) se configura para controlar un segundo dispositivo (1026) robótico para mover el segundo efector (1022) de extremo sobre la superficie (1004) del objeto (1002) a lo largo de la ruta (1018) identificada.

13. El aparato de la reivindicación 8, en el que el segundo efector (1022) de extremo comprende:

- 30 una unidad de control configurada para recibir los datos (1042) de láser de retroalimentación alrededor de una característica de superficie en la serie de características (1008) de superficie desde el dispositivo (1044) láser e identificar una serie de parámetros para pulir la característica de superficie en función de los datos (1042) de láser de retroalimentación; y

una herramienta (1036) de pulimento configurada para pulir la característica de superficie basada en la serie de parámetros.



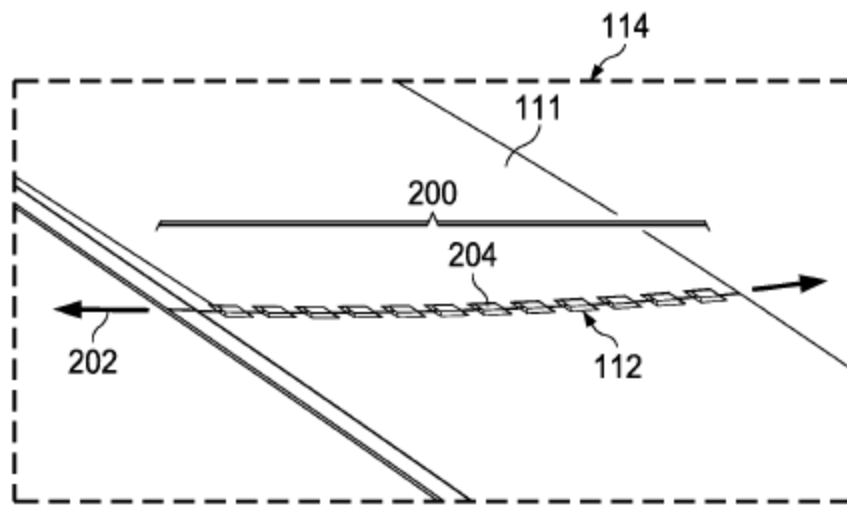


FIG. 2

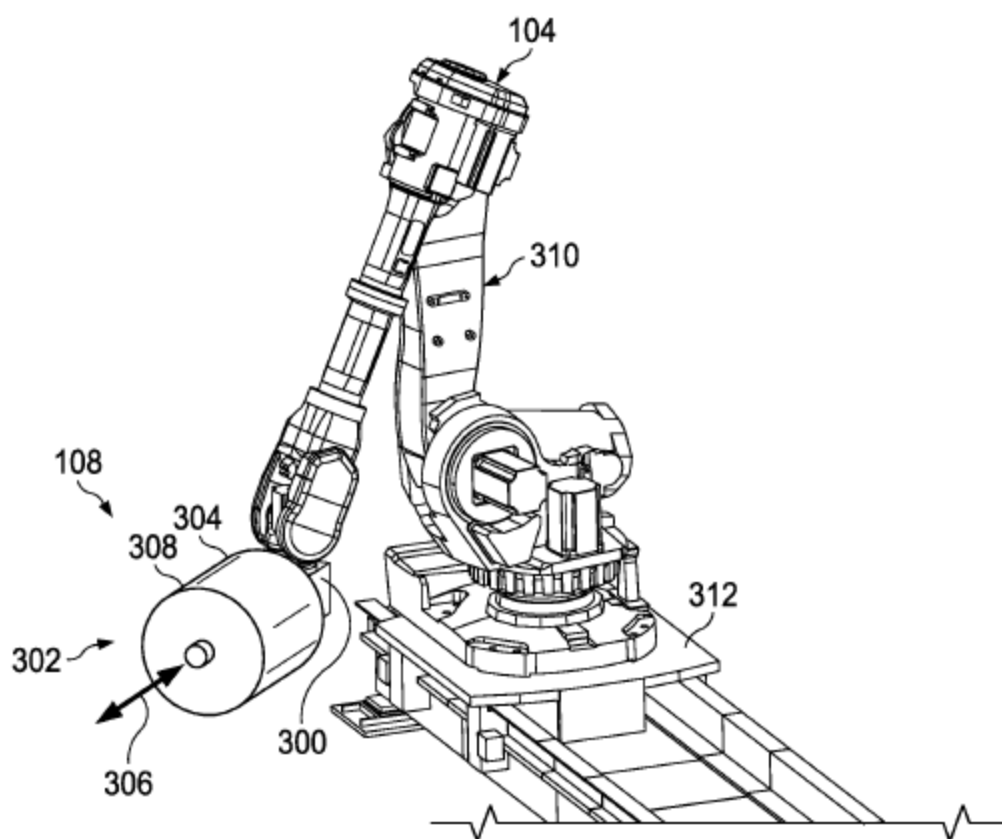


FIG. 3

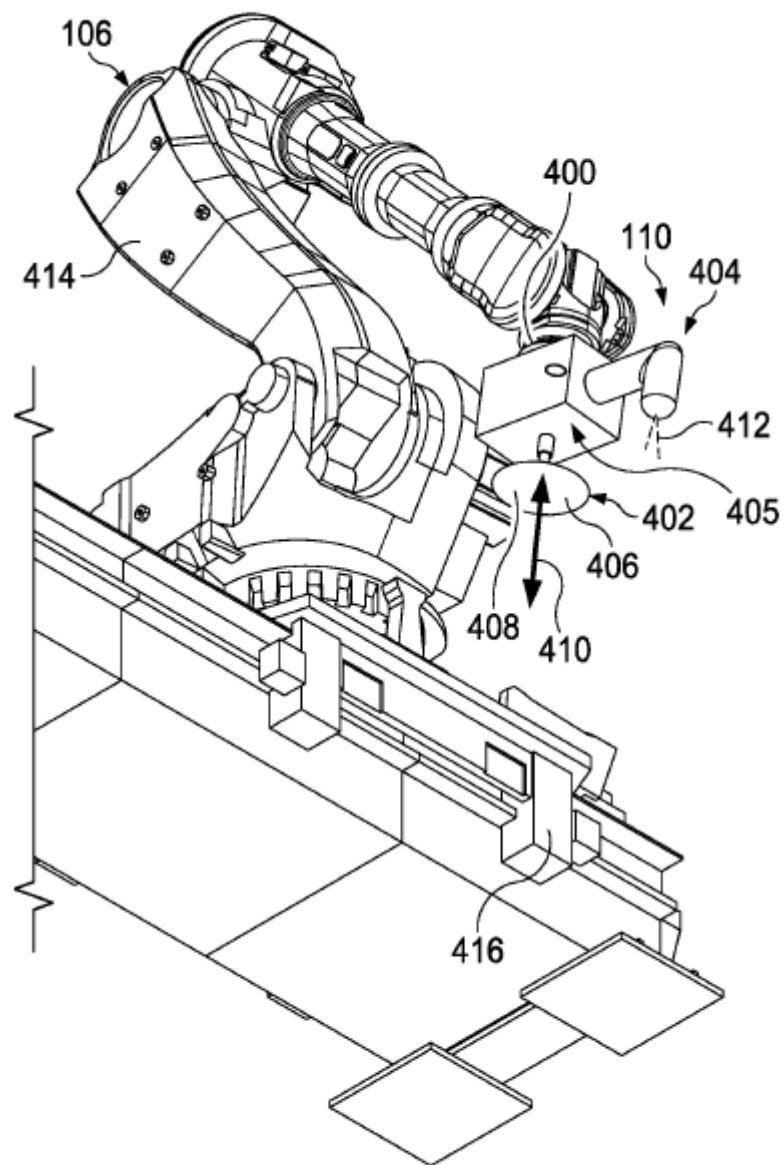
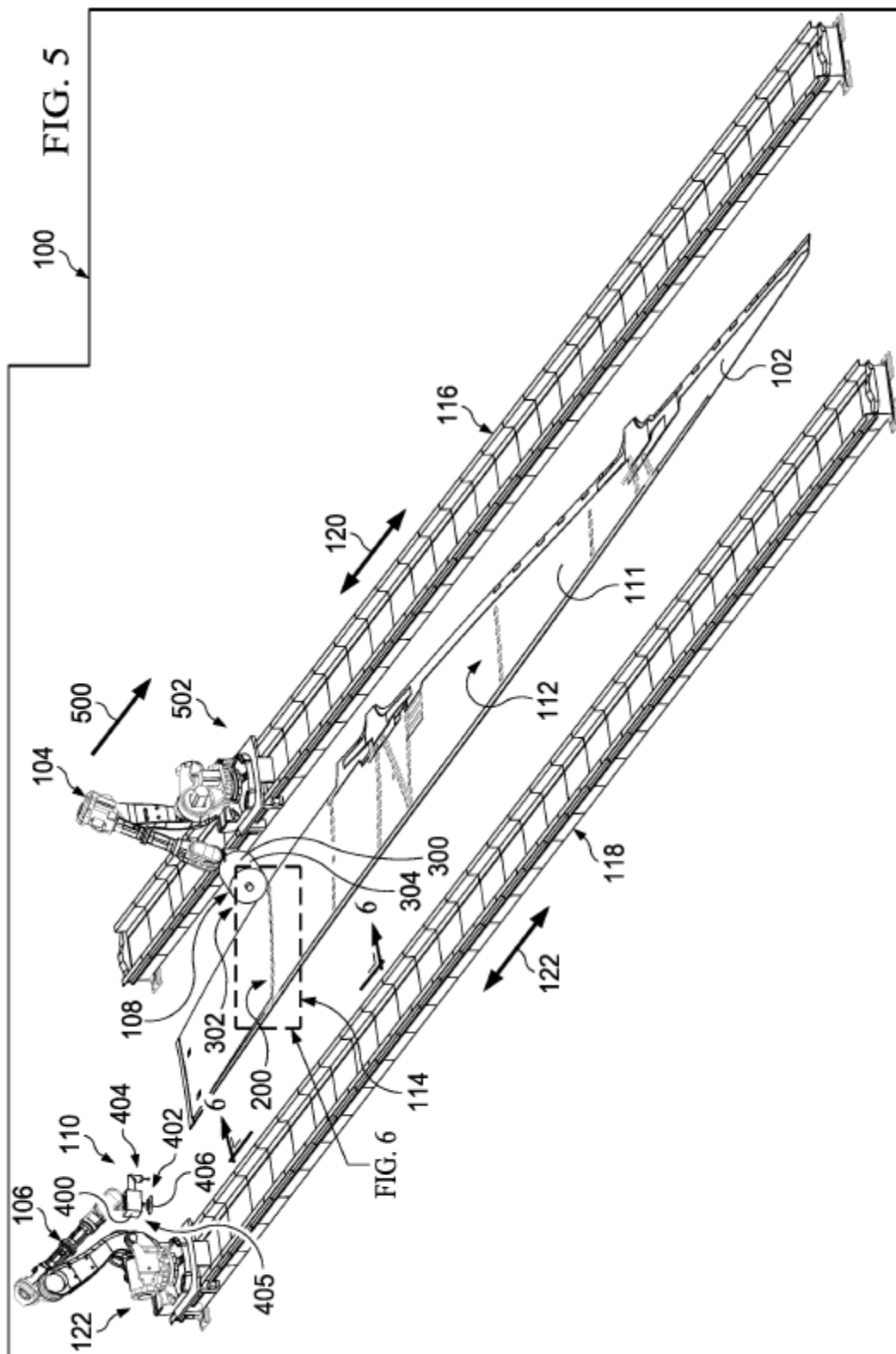


FIG. 4



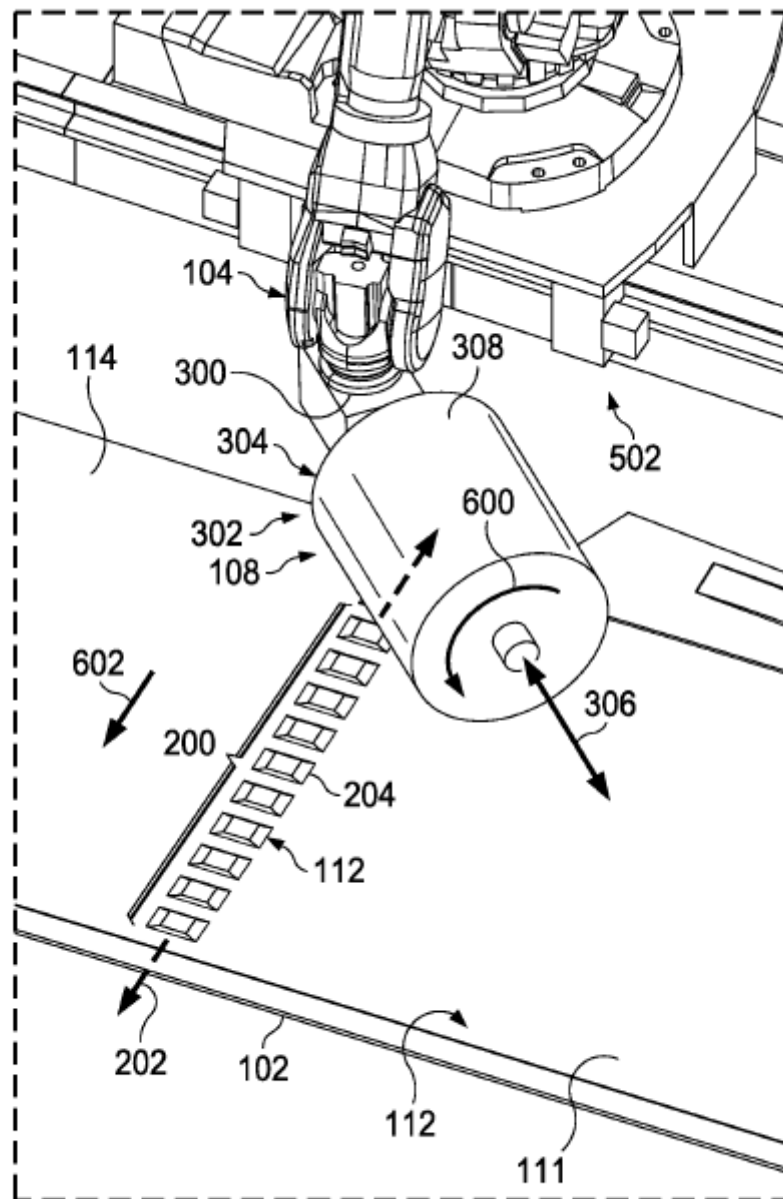
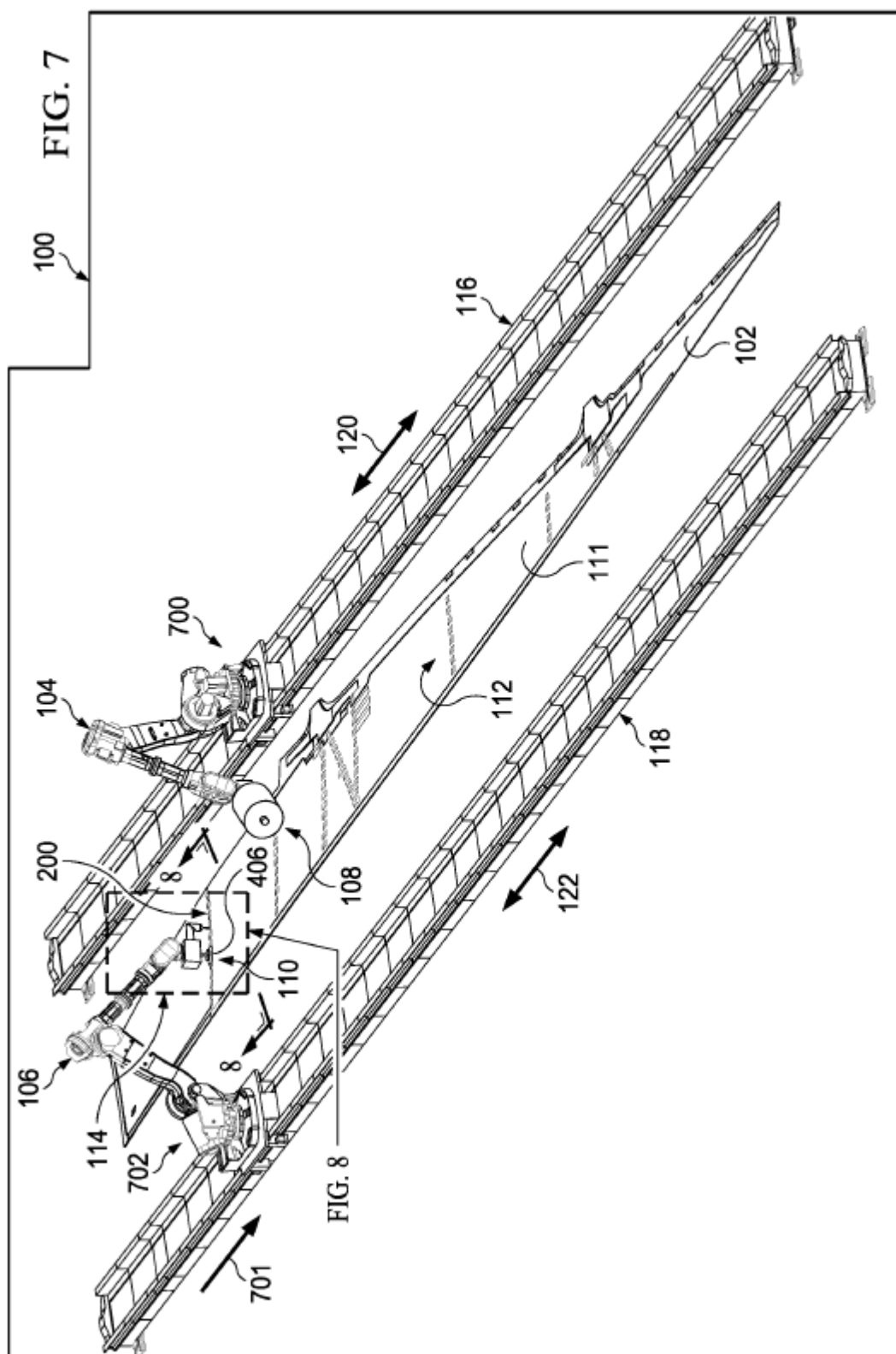


FIG. 6



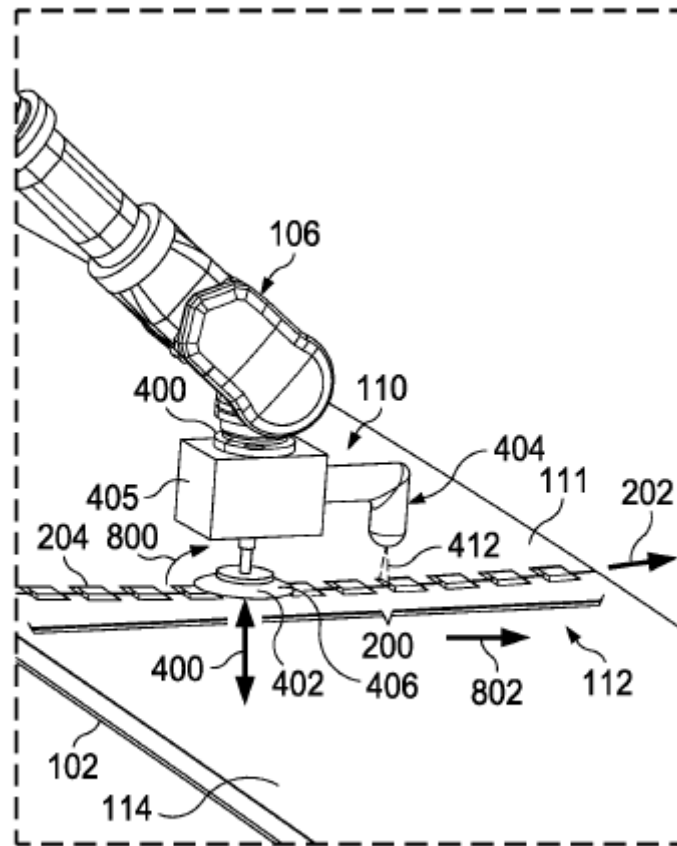


FIG. 8

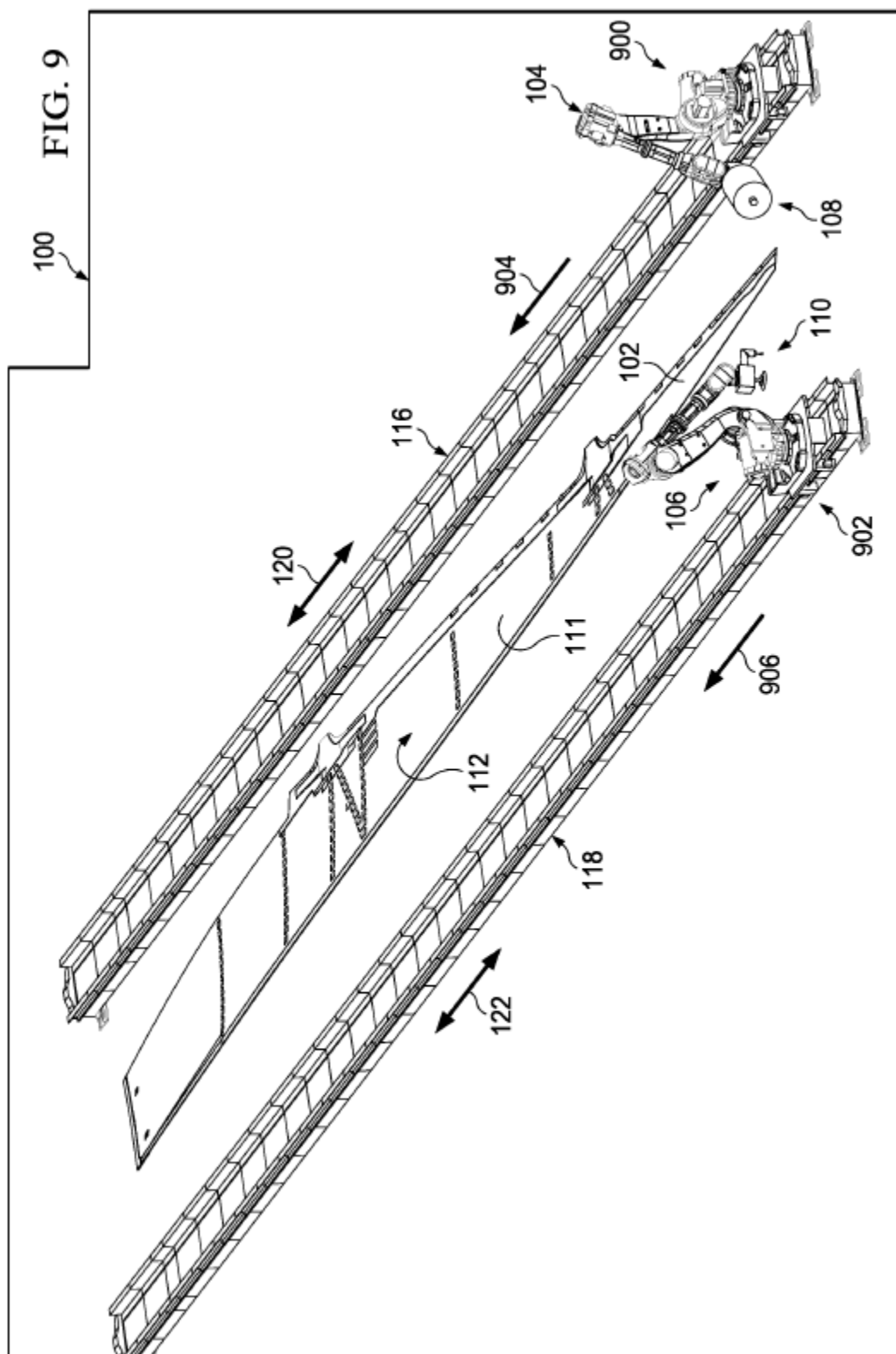


FIG. 10

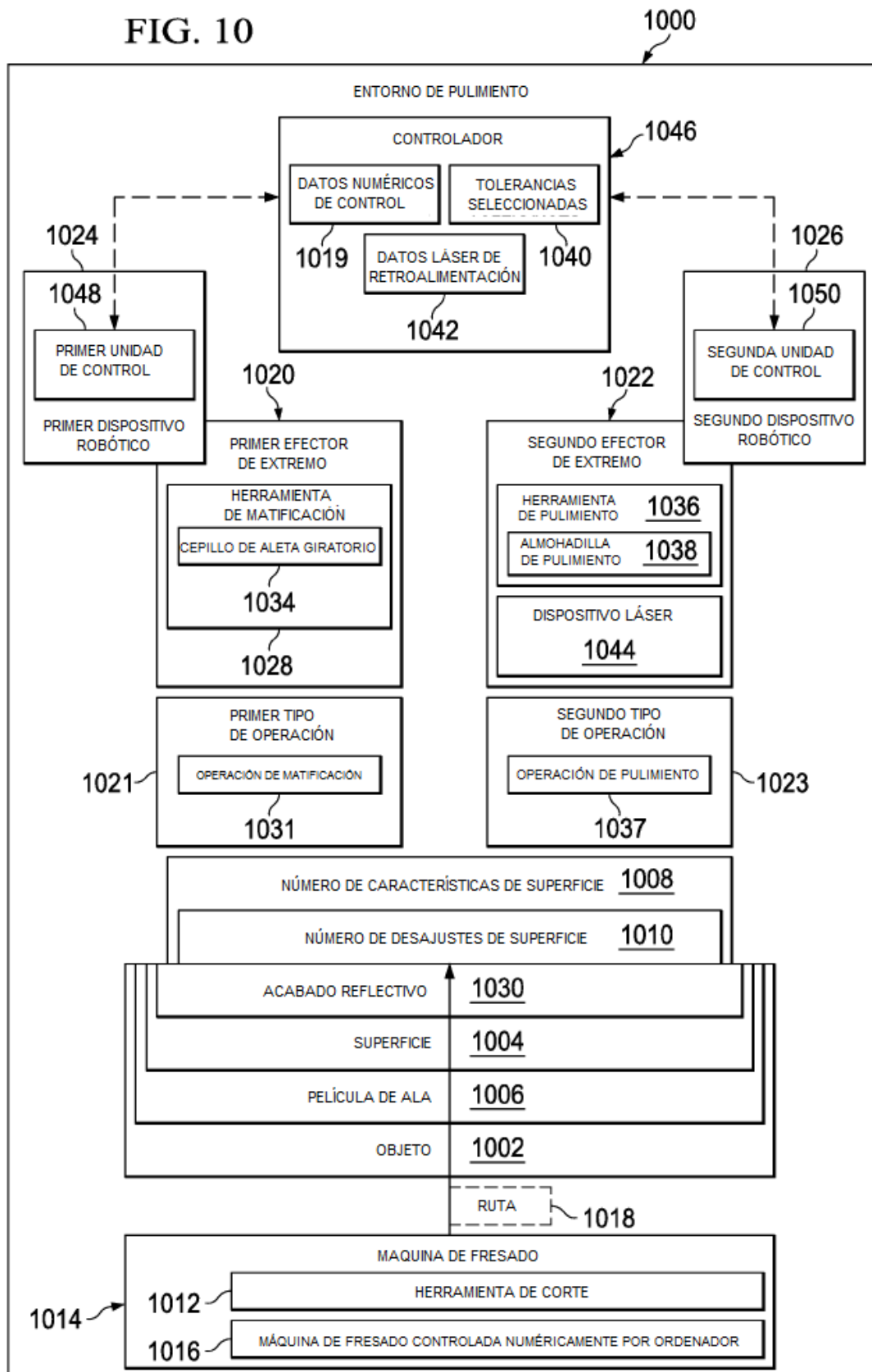


FIG. 11

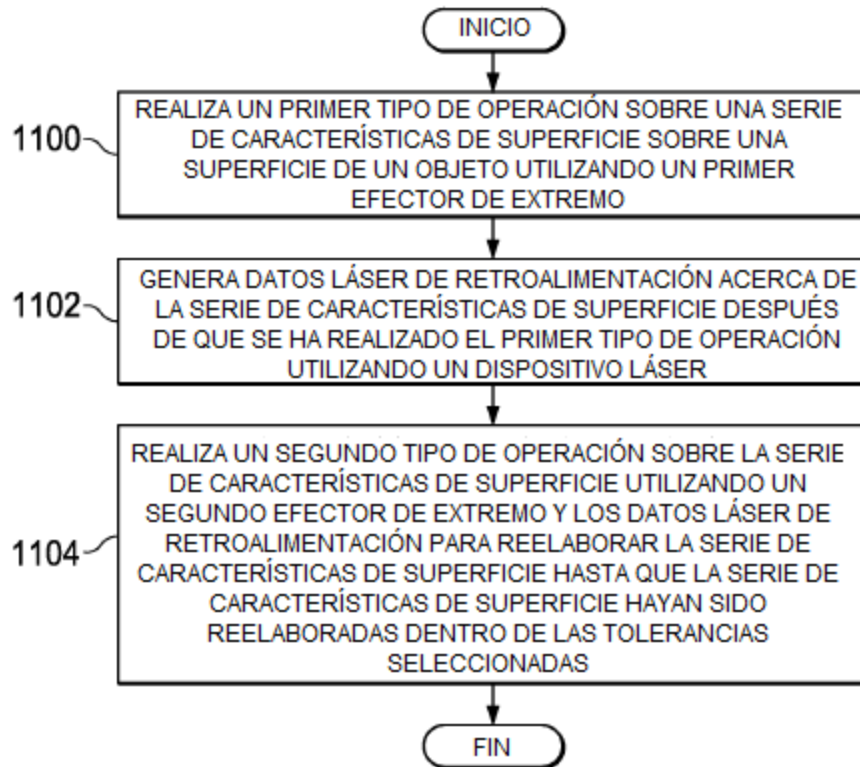


FIG. 12

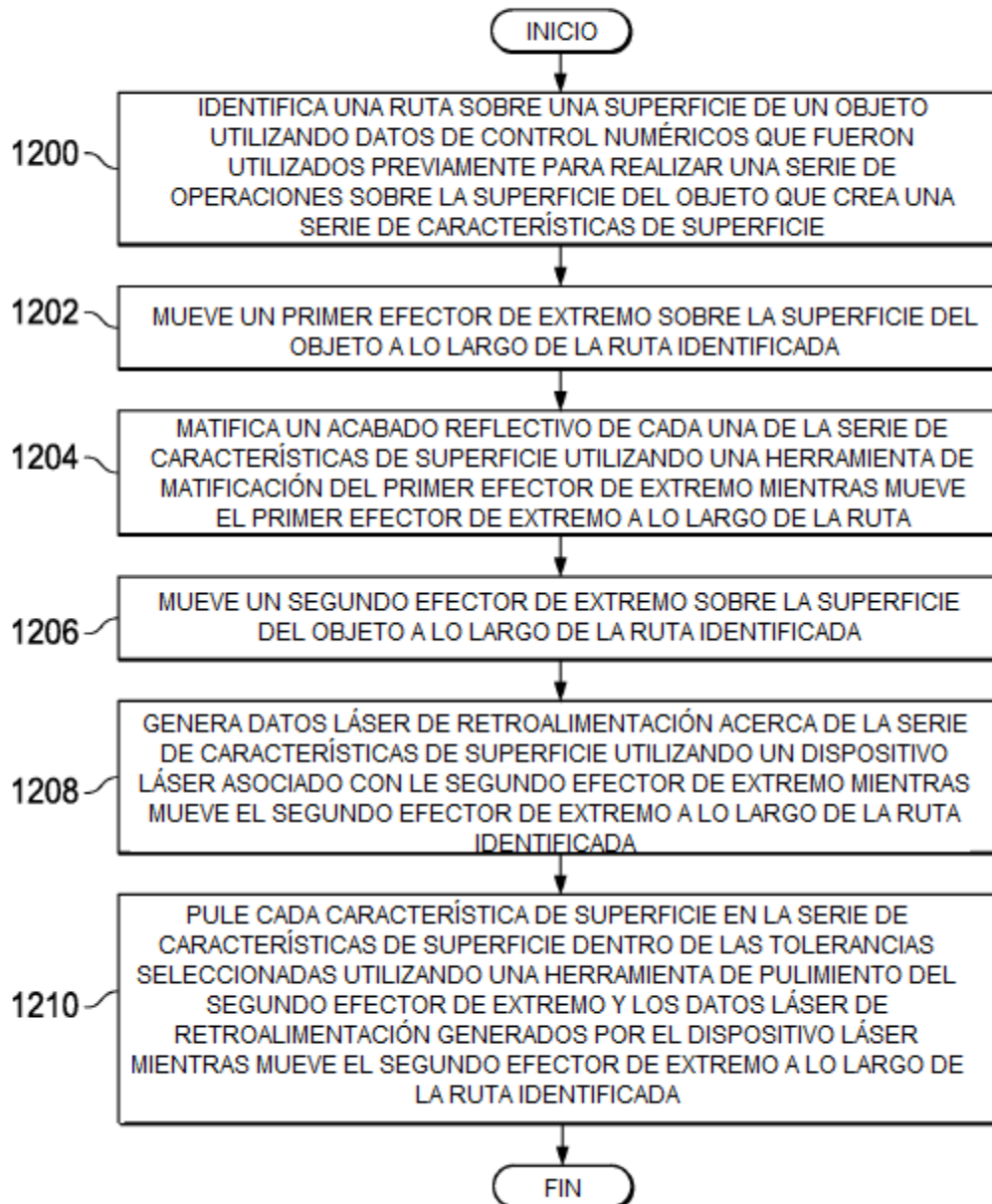


FIG. 13

