

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 448**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/32** (2006.01)

**B29C 70/38** (2006.01)

**B29C 53/66** (2006.01)

**B29C 53/80** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2005 E 05737574 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 1755997**

54 Título: **Colocación automatizada de fibras que usa múltiples cabezales de colocación, estizolas sustituibles y cabezales de colocación sustituibles**

30 Prioridad:

**21.04.2004 US 564155 P**

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

**20.02.2015**

73 Titular/es:

**INGERSOLL MACHINE TOOLS, INC. (100.0%)  
707 FULTON AVENUE  
ROCKFORD IL 61103, US**

72 Inventor/es:

**OLDANI, TINO y  
JARVI, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 529 448 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

Colocación automatizada de fibras que usa múltiples cabezales de colocación, estizolas sustituibles y cabezales de colocación sustituibles.

5

### Campo de la invención

Esta invención se refiere a la formación de estructuras compuestas con máquinas de colocación automatizada de fibras, y más en particular, a una colocación automatizada de fibras que usa múltiples cabezales de colocación de fibras.

10

### Antecedentes de la invención

Las máquinas de colocación automatizada de fibras se usan mucho para fabricar piezas, componentes y estructuras a partir de material compuesto. Los materiales usados en la colocación automatizada de fibras se componen normalmente de fibras longitudinales y resina consolidada en cintas, o finas tiras comúnmente conocidas como "estopas". Las cintas individuales o estopas se manipulan mediante la máquina de colocación de fibras para formar una banda de material que se deposita en una herramienta. Las piezas se construyen capa a capa, con cintas o estopas de material compuesto, determinándose el ángulo en el que cada "hebra" de capa se pone sobre la máquina mediante la máquina de colocación de fibras.

15

20

La colocación automatizada de fibras permite la construcción de estructuras compuestas complejas que usan trayectorias de fibra guiadas o curvilíneas. Este método de producir estructuras compuestas es más rentable que el método manual. Proporciona una eficacia estructural mejorada debido a su capacidad para orientar las fibras a lo largo de trayectorias de carga internas y locales, lo que tiene como resultado potencialmente estructuras más ligeras que también tienen menos costes que las estructuras realizadas mediante otros métodos de producción.

25

Para reducir el tiempo y el coste requerido para formar grandes estructuras, como revestimientos de alas de aeronaves, o secciones de fuselaje, usando la colocación automatizada de fibras, es aconsejable utilizar múltiples máquinas de colocación automatizada de fibras como en el documento WO 03/035380. Para utilizar de manera efectiva, eficaz y segura varias máquinas de colocación automatizada de fibras para depositar fibras sobre una superficie de herramienta común, es necesario proporcionar un aparato y un método para controlar simultáneamente las máquinas de colocación de fibras.

30

Para conseguir la fabricación de una pieza grande, también es aconsejable que se proporcione un método y un aparato para reponer los suministros de materiales compuestos disponibles en las máquinas de colocación automatizada de fibras, sin interrumpir el proceso de colocación de fibras apagando todas las máquinas, cuando uno cualquiera de los cabezales de colocación de fibras necesita que se reponga su suministro de materiales compuestos. De manera similar, es aconsejable tener la capacidad de cambiar los cabezales de colocación de fibras de las máquinas de colocación de fibras, sin interrumpir el proceso de colocación de fibras, para que los cabezales puedan someterse a un mantenimiento periódico y limpiarse para mantener las velocidades operativas óptimas del proceso de colocación de fibras.

35

40

### Breve sumario de la invención

La invención proporciona un método y un aparato mejorados para formar una pieza compuesta en una superficie de herramienta, durante un proceso de colocación automatizada de fibras, depositando el material compuesto sobre la superficie de la herramienta con dos o más cabezales de colocación de fibras que son capaces de moverse de manera simultánea independientemente uno con respecto a otro y con respecto a la superficie de la herramienta, pero sincronizados dinámicamente para el funcionamiento con respecto a una base de tiempo común.

45

50

La invención también puede incluir sustituir uno o más de los cabezales de colocación de fibras durante la fabricación de la pieza compuesta.

55

La invención puede incluir además suministrar material compuesto a cada uno de los cabezales de colocación de fibras desde una estizola separada, y cambiar una o más de las estizolas durante la fabricación de la pieza compuesta.

60

Al practicar la invención, cada uno de los dos o más cabezales de colocación de fibras puede controlarse mediante su propio controlador, con uno seleccionado de los controladores funcionando como un controlador maestro y uno o más de los controladores restantes funcionando como controladores esclavos, conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los cabezales de colocación de fibras conectados de manera operativa a los controladores maestros y esclavos. Una base de tiempo del controlador maestro puede utilizarse como la base de tiempo común. La invención puede incluir además ajustar proporcionalmente la base de tiempo común, si el controlador maestro se anula manualmente por un operador, para mantener por tanto los cabezales de colocación de fibras funcionando gracias a los controladores esclavos que funcionan dentro de límites

65

prescritos de su movimiento.

La invención puede practicarse con superficies de herramienta estacionarias o rotativas. Para las superficies rotativas, la superficie de la herramienta puede rotar alrededor de un eje compartido de los múltiples cabezales de colocación de fibras. En formas de la invención donde la superficie de la herramienta puede rotar alrededor de un eje compartido de los dos o más cabezales de colocación de fibras, cada uno de los cabezales de colocación de fibras puede controlarse mediante su propio controlador, con uno seleccionado de los controladores funcionando como un controlador maestro y uno o más de los controladores restantes funcionando como controladores esclavos, conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los cabezales de colocación de fibras conectados a los controladores maestros y esclavos, con el controlador maestro usándose también para controlar la rotación de la superficie de la herramienta alrededor del eje compartido. La base de tiempo del controlador maestro puede usarse como la base de tiempo común. Las tasas de suministro y aceleraciones potenciales de los cabezales de colocación controlados mediante los controladores esclavos, que son resultado de las órdenes generadas por el controlador maestro, pueden evaluarse entre sí y la tasa de suministro y aceleración potenciales del cabezal de colocación controlado directamente por el controlador maestro, ajustándose la velocidad rotativa de la superficie de la herramienta, según se necesite, para impedir superar las capacidades operativas de cualquier cabezal de colocación controlado por un controlador esclavo.

Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención serán más aparentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se tomen junto con los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un aparato de colocación automatizada de fibras, de acuerdo con la invención.

La Figura 2 es una vista en perspectiva ampliada de una porción del aparato de la Figura 1, que ilustra características estructurales y operativas de una máquina de colocación de fibras de la realización ejemplar del aparato de colocación de fibras mostrado en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en perspectiva ampliada de un cabezal de colocación de fibras de la máquina de colocación de fibras mostrada en la Figura 2.

Las Figuras 4A-4C son ilustraciones esquemáticas orientadas hacia abajo en la realización ejemplar del aparato de colocación de fibras de la Figura 1, que muestran varias ubicaciones alternativas de cuatro máquinas de colocación de fibras de la realización ejemplar del aparato de colocación de fibras mostrado en la Figura 1.

La Figura 5 es una segunda realización ejemplar de un aparato de colocación de fibras, de acuerdo con la invención, que tiene una herramienta, para recibir materiales compuestos, que no es rotativa.

Aunque la invención se describirá en relación con ciertas realizaciones preferentes, no se pretende limitarla a esas realizaciones. Al contrario, la intención es cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes como se incluyen dentro del espíritu y alcance de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**Descripción detallada de la invención**

La Figura 1 muestra una primera realización ejemplar de un aparato 100 de colocación automatizada de fibras, de acuerdo con la invención. El aparato 100 incluye una primera, una segunda, una tercera y una cuarta máquina de colocación de fibras 102, 104, 106, 108, teniendo cada una un respectivo cabezal de colocación de fibras 110, 112, 114, 116 unido a ella. Tal como se muestra en la Figura 1, las primeras y segundas máquinas de colocación de fibras 102, 104 se montan en un lado de la superficie rotativa 118 de una herramienta, que se soporta mediante uno o más pedestales 120 para rotar alrededor de un eje 122, y las terceras y cuartas máquinas de colocación de fibras 106, 108 se ubican en un lado opuesto de la superficie rotativa de la herramienta 118.

Todas las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106, 108 y cabezales 110, 112, 114, 116 se montan de tal manera, unos con respecto a otros y con respecto a la herramienta 118, que son capaces de moverse simultáneamente independientemente unos con respecto a otros y con respecto a la superficie de la herramienta 118. Específicamente, tal como se muestra en la Figura 2 con respecto a la primera máquina de colocación de fibras 102, el cabezal de colocación de fibras 110 de la primera máquina de colocación de fibras 102 se une de manera operativa para el movimiento vertical a lo largo de una viga 124 triangular de la primera máquina de colocación de fibras 102, para permitir el movimiento del primer cabezal de colocación de fibras 110 a lo largo de un eje vertical Y-Y del primer cabezal de colocación de fibras 110. Tal como se muestra en la Figura 3, el primer cabezal de colocación de fibras 110 se configura además para rotar alrededor de tres ejes A-A, E-E y B-B. Tal como se muestra en la Figura 2, la primera máquina de colocación de fibras 102 se monta en carriles 126 extendiéndose generalmente paralela al eje de rotación 122 de la superficie de la herramienta 118. El movimiento de la primera máquina de colocación de fibras 110 a lo largo de los carriles 126 proporciona el posicionamiento del primer cabezal de colocación de fibras a lo largo de un eje Z-Z. La primera máquina de colocación de fibras 102 se monta en los carriles 126 mediante una plataforma 128 móvil, que tiene una porción superior e inferior 128a, 128b, unida mediante vías 130 que permiten que la máquina de colocación de fibras 102 se mueva hacia o lejos de la superficie de la herramienta 118 a lo largo de un eje X-X que se extiende generalmente en perpendicular al eje Z-Z y al eje de

rotación 122 de la superficie de la herramienta 118. Los expertos en la materia reconocerán que, al montar el primer cabezal de colocación de fibras 110 de esta manera, la orientación de los ejes y el control de la posición del primer cabezal de colocación de fibras 110 pueden lograrse de manera muy similar a la usada para las máquinas fresadoras de 5 ejes.

5 Todas las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106, 108 de la realización ejemplar del aparato 100 de colocación de fibras son esencialmente idénticas y se montan de manera similar para que las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106, 108, y los cabezales 110, 112, 114, 116, aceptablemente unidos a ellas, sean capaces de moverse simultáneamente independientemente unos con respecto a otros y con respecto a la superficie de la herramienta 118. Las Figuras 4A-4C ilustran tres, de un número prácticamente ilimitado de combinaciones posicionales proporcionadas por la disposición de montaje de las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106, 108, de la realización ejemplar del aparato 100 de colocación de fibras.

15 Tal como se describirá en más detalle a continuación, aunque los cabezales de colocación de fibras 110, 112, 106, 108 de la realización ejemplar del aparato 100 de colocación de fibras son capaces de moverse simultáneamente independientemente unos con respecto a otros y con respecto a la superficie de la herramienta 118, están sincronizados dinámicamente para el funcionamiento con respecto a una base de tiempo común, para colocar material compuesto sobre la superficie de la herramienta 118.

20 Gracias a la configuración descrita anteriormente, el eje de rotación 122 de la superficie de la herramienta 118 puede funcionar como un eje compartido para todos los cabezales de colocación de fibras 110, 112, 114, 116.

25 Cada una de las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106, 108 incluye un controlador (no se muestra) para controlar su respectivo cabezal de colocación de fibras 110, 112, 114, 116. El controlador de una de las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106, 108 se configura para funcionar como un controlador maestro, y los controladores de las máquinas de colocación de fibras restantes se configuran para funcionar como controladores esclavos, conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los cabezales de colocación de fibras 110, 112, 114, 116, conectados de manera operativa a los controladores maestros y esclavos. El controlador maestro se configura además para controlar la rotación de la superficie de la herramienta 118 alrededor del eje de rotación 122.

35 El controlador maestro define una base de tiempo del controlador maestro que también se utiliza como la base de tiempo común para sincronizar los movimientos de los cabezales de colocación de fibras 110, 112, 114, 116. La realización ejemplar del aparato 100 de colocación de fibras también incluye estipulaciones para ajustar proporcionalmente la base de tiempo común, si el controlador maestro se anula manualmente mediante un operador, por ejemplo, para mantener por tanto los cabezales de colocación de fibras funcionando mediante los controladores esclavos que funcionan dentro de límites prescritos de su movimiento. En este sentido, las trayectorias individuales programadas, incluyendo los requisitos de la tasa de suministro y aceleración, para cada uno de los cabezales de colocación de fibras controlados mediante los controladores esclavos se evalúan entre sí y con la trayectoria del programa para el cabezal de colocación de fibras controlado mediante el controlador maestro. Donde la trayectoria del programa definida mediante el controlador maestro tendría como resultado un movimiento de la superficie de la herramienta 118 que provocaría una tasa de aceleración o velocidad del eje que superaría las capacidades del cabezal de colocación de fibras controlado mediante un controlador esclavo, la velocidad rotativa de la superficie de la herramienta 118 se reduce para mantener los cabezales de colocación de fibras funcionando mediante los controladores esclavos que funcionan dentro de límites prescritos de su movimiento.

50 Los expertos en la materia reconocerán que aunque la realización ejemplar de la invención antes descrita utiliza controladores separados para cada una de las máquinas de colocación de fibras 102, 104, 106 108, en otras realizaciones de la invención podría utilizarse un único controlador común para controlar todas las máquinas de colocación de fibras y cabezales de un aparato de acuerdo con la invención. Por motivos prácticos, sin embargo, se contempla que se preferiría generalmente una disposición, tal como se ha descrito anteriormente, con un controlador separado para cada cabezal de colocación de fibras, unido mediante un enlace de comunicación de alta velocidad para el paso de información de base de tiempo, etc., desde el controlador maestro a cada uno de los controladores esclavos.

55 En algunas realizaciones de la invención, puede ser aconsejable proporcionar un post-procesador para evaluar la tasa de suministro y la aceleración de los cabezales de colocación controlados mediante controladores esclavos, lo que sería resultado potencialmente de las órdenes generadas mediante el controlador maestro. La tasa de suministro y las aceleraciones potenciales de los cabezales de colocación de fibras controlados mediante controladores esclavos, que son resultado de las órdenes recibidas desde el controlador maestro, se evaluarían entre sí, y la tasa de suministro y aceleración potenciales del cabezal de colocación de fibras controlado directamente mediante el controlador maestro. Si el post-procesador determinó que una orden desde el controlador maestro requeriría que uno de los cabezales de colocación de fibras superara potencialmente sus capacidades operativas, la velocidad rotativa de la superficie de la herramienta 118 podría ajustarse para asegurar el funcionamiento de todos los cabezales de colocación de fibras controlados mediante un controlador esclavo dentro de sus capacidades operativas.

La figura 5 ilustra una segunda realización de un aparato 200 de colocación automatizada de fibras, que es esencialmente idéntico a la primera realización ejemplar de un aparato 100 de colocación de fibras, descrito anteriormente, con la excepción de que la segunda realización ejemplar utiliza una tableta 218 estacionaria de la herramienta que tiene superficies 220, 222 separadas de la herramienta en lados opuestos de la misma. Con esta disposición, las dos máquinas de colocación de fibras orientadas hacia cada una de las superficies 220, 222 de la tableta 218 aplicarían material compuesto solo a esa cara de la tableta 218, de manera que cada un lado de la tableta 218 y una de las máquinas de colocación de fibras funcionarían como una máquina maestra, con un controlador ubicado en su interior que funcionaría como un controlador maestro para controlar la segunda máquina en ese lado de la tableta 218 como una máquina esclava a través de su controlador que funcionaría como un controlador esclavo.

En realizaciones de la invención donde se utilizan tales tabletas de la herramienta, estas pueden formarse y utilizarse de cualquier manera apropiada, tal como el aparato y método divulgados en una solicitud de patente de Estados Unidos, titulada "FORMAR UNA ESTRUCTURA COMPUESTA MEDIANTE COLOCACIÓN DE FILAMENTOS EN UNA SUPERFICIE DE HERRAMIENTA DE UNA TABLETA", que lleva el número de Expediente del Mandatario 503436, cedida al Cesionario de la presente invención, cuya divulgación completa se incorpora al presente documento mediante referencia.

En la primera o la segunda realización ejemplar de un aparato 100, 200 de colocación de fibras, se prefiere que los cabezales de colocación de fibras sean idénticos y se configuren de manera que puedan sustituirse, sin detener la fabricación general de la estructura compuesta, para permitir por tanto limpiar, realizar mantenimiento o reparar el cabezal sustituido. Se contempla que tal retirada y sustitución de un cabezal podría lograrse durante un periodo de la fabricación en el que ese cabezal en particular no se estaba usando, mientras que otros cabezales de colocación de fibras continuaban aplicando material compuesto a la herramienta.

Tal como se muestra en la Figura 1, se contempla además que cada cabezal de colocación de fibras se suministraría desde una estizola 128 sustituible unida de manera operativa a las máquinas de colocación de fibras. De la misma manera descrita anteriormente con respecto a los propios cabezales de colocación de fibras, las estizolas 128 pueden sustituirse por estizolas completas durante periodos de tiempo en los que el cabezal de colocación de fibras conectado de manera operativa a esa estizola respectiva está en modo inactivo, esperando que se completen las operaciones mediante uno o más de los otros cabezales de colocación de fibras. La estizola retirada puede recargarse entonces convenientemente con material compuesto, sin conexión de red. La capacidad para sustituir estizolas de esta manera durante la fabricación de las estructuras compuestas, elimina, o reduce en gran medida, la necesidad de parar el proceso de fabricación para recargar material compuesto en las estizolas.

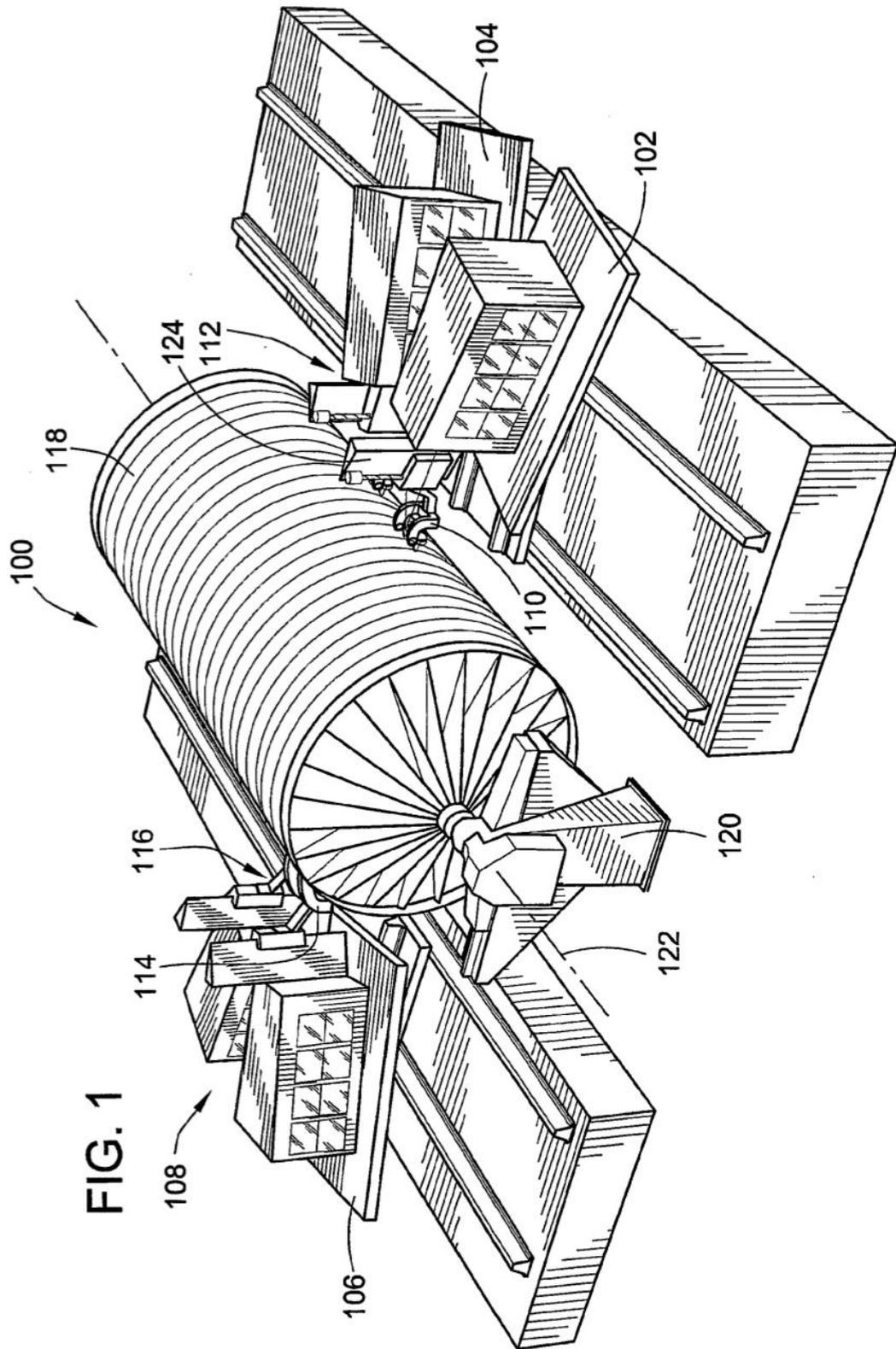
El uso de los términos "un", "una" y "el" y referentes similares en el contexto de describir la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) debe interpretarse para cubrir tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en el presente documento o se contradiga claramente por contexto. Los términos "comprendiendo", "teniendo", "incluyendo" y "conteniendo" deben interpretarse como términos no concluyentes (es decir, en el sentido de "incluyendo, pero sin limitarse a") a menos que se indique lo contrario. La enumeración de intervalos de valores en el presente documento pretende servir únicamente como un método abreviado de referirse individualmente a cada valor separado que caiga dentro del intervalo, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, y cada valor separado se incorpora a la memoria descriptiva como si se enumerara individualmente en el presente documento. Todos los métodos descritos en el presente documento pueden llevarse a cabo en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en el presente documento o se contradiga claramente por contexto. El uso de todos y cada uno de los ejemplos, o el lenguaje ejemplar (por ejemplo, "tal como") proporcionado en el presente documento, pretende únicamente iluminar mejor la invención y no supone una limitación del alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. El lenguaje en la memoria descriptiva no debería interpretarse como indicativo de cualquier elemento no reivindicado esencial para la práctica de la invención.

Las realizaciones preferentes de esta invención se describen en el presente documento, incluyendo el mejor modo conocido por los inventores para llevar a cabo la invención. Las variaciones de esas realizaciones preferentes pueden resultar aparentes para los expertos en la materia al leer la anterior descripción. Los inventores esperan que los artesanos expertos empleen tales variaciones de manera apropiada, y los inventores pretenden que la invención se practique de manera diferente a como se describe específicamente en el presente documento. Por consiguiente, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes de la materia objeto enumerados en las reivindicaciones adjuntas al presente documento según lo permite la legislación aplicable. Además, cualquier combinación de los elementos antes descritos en todas las posibles variaciones de los mismos queda abarcada por la invención a menos que se indique lo contrario en el presente documento o se contradiga claramente por contexto.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para formar una pieza compuesta en la superficie de una herramienta, comprendiendo el método colocar material compuesto sobre la superficie de la herramienta (118) con dos o más máquinas de colocación de fibras (102, 104, 106, 108) teniendo cada una un respectivo cabezal de colocación de fibras (110, 112, 114, 116), siendo capaces todas las máquinas de colocación de fibras (102, 104, 106, 108) y los cabezales de colocación de fibras (110, 112, 114, 116) de moverse simultáneamente independientemente unos con respecto a otros y con respecto a la superficie de la herramienta (118), pero estando los cabezales de colocación de fibras (110, 112, 114, 116) sincronizados dinámicamente para el funcionamiento con respecto a una base de tiempo común.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además sustituir uno o más de los dos o más cabezales de colocación de fibras durante la fabricación de la pieza compuesta.
- 15 3. El método de la reivindicación 1, que comprende además:  
 suministrar material compuesto a cada uno de los cabezales de colocación de fibras desde una estizola separada; y  
 cambiar una o más de las estizolas durante la fabricación de la pieza compuesta.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en el que cada uno de los dos o más cabezales de colocación de fibras se controla mediante su propio controlador, y el método comprende además hacer funcionar uno seleccionado de los controladores como un controlador maestro y uno o más de los controladores restantes como controladores esclavos conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los cabezales de colocación de fibras que se conectan de manera operativa a los controladores maestros y esclavos.
- 25 5. El método de la reivindicación 4, que comprende además utilizar una base de tiempo del controlador maestro como la base de tiempo común.
- 30 6. El método de la reivindicación 5, que comprende además ajustar proporcionalmente la base de tiempo común, si el controlador maestro lo anula manualmente un operador, para mantener por tanto los cabezales de colocación de fibras funcionando mediante controladores esclavos que funcionan dentro de límites prescritos de su movimiento.
- 35 7. El método de la reivindicación 1, en el que la superficie de la herramienta rota alrededor de un eje compartido de los dos o más cabezales de colocación de fibras.
- 40 8. El método de la reivindicación 7, en el que cada uno de los dos o más cabezales de colocación de fibras se controla mediante su propio controlador, y el método comprende además:  
 hacer funcionar uno seleccionado de los controladores como un controlador maestro y uno o más de los controladores restantes como controladores esclavos conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los controladores maestros y esclavos; y  
 controlar la rotación de la superficie de la herramienta alrededor del eje compartido con el controlador maestro.
- 45 9. El método de la reivindicación 8, que comprende además utilizar una base de tiempo del controlador maestro como la base de tiempo común.
- 50 10. El método de la reivindicación 9, que comprende además ajustar proporcionalmente la base de tiempo común, si el controlador maestro lo anula manualmente un operador, para mantener por tanto los cabezales de colocación de fibras funcionando mediante controladores esclavos que funcionan dentro de límites prescritos de su movimiento.
- 55 11. El método de la reivindicación 9, que comprende además:  
 evaluar la tasa de suministro y la aceleración de los cabezales de colocación controlados mediante controladores esclavos, que resultan potencialmente de las órdenes generadas mediante el controlador maestro, entre sí y la tasa de suministro y la aceleración de la cabeza de colocación controlada directamente mediante el controlador maestro; y  
 ajustar la velocidad rotacional de la superficie de la herramienta para evitar superar las capacidades operativas de cualquier cabezal de colocación controlado mediante un controlador esclavo.
- 60 12. Un aparato para formar una pieza compuesta en la superficie de una herramienta, comprendiendo el aparato dos o más máquinas de colocación de fibras (102, 104, 106, 108) teniendo cada una un respectivo cabezal de colocación de fibras (110, 112, 114, 116), siendo capaces todas las máquinas de colocación de fibras (102, 104, 106, 108) y los cabezales de colocación de fibras (110, 112, 114, 116) de moverse simultáneamente independientemente unos con respecto a otros y con respecto a la superficie de la herramienta (118), pero estando los cabezales de colocación de fibras (110, 112, 114, 116) sincronizados dinámicamente para el funcionamiento con respecto a una base de tiempo común, para colocar material compuesto sobre la superficie de la herramienta (118).
- 65

13. El aparato de la reivindicación 12, en el que al menos uno de los dos o más cabezales de colocación de fibras se configura para su sustitución durante la fabricación de la pieza compuesta.
- 5 14. El aparato de la reivindicación 12, que comprende además:  
estizolas separadas para suministrar material compuesto a cada uno de los cabezales de colocación de fibras; y una o más de las estizolas se configura para su sustitución durante la fabricación de la pieza compuesta.
- 10 15. El aparato de la reivindicación 12, en el que cada uno de los dos o más cabezales de colocación de fibras se controla mediante su propio controlador, y el aparato comprende además configurar los controladores de manera que uno seleccionado de los controladores funciona como un controlador maestro y uno o más de los controladores restantes funciona como un controlador esclavo conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los controladores maestros y esclavos.
- 15 16. El aparato de la reivindicación 15, en el que el controlador maestro define una base de tiempo del controlador maestro, y todos los controladores se configuran para utilizar la base de tiempo del controlador maestro como la base de tiempo común.
- 20 17. El aparato de la reivindicación 16, en el que los controladores se configuran además para ajustar proporcionalmente la base de tiempo común, si el controlador maestro lo anula manualmente un operador, para mantener por tanto los cabezales de colocación de fibras funcionando mediante los controladores esclavos que funcionan dentro de límites prescritos de su movimiento.
- 25 18. El aparato de la reivindicación 12, en el que la superficie de la herramienta se monta para rotar alrededor de un eje compartido de los dos o más cabezales de colocación de fibras.
- 30 19. El aparato de la reivindicación 18, en el que cada uno de los dos o más cabezales de colocación de fibras incluye un controlador asociado con los mismos, con uno seleccionado de los controladores configurado para el funcionamiento como un controlador maestro y configurándose uno o más de los controladores restantes para el funcionamiento como controladores esclavos conectados de manera operativa al controlador maestro, para sincronizar por tanto los movimientos de los cabezales de colocación de fibras conectados de manera operativa a los controladores maestros y esclavos, configurándose además el controlador maestro para controlar la rotación de la superficie de la herramienta alrededor del eje compartido.
- 35 20. El aparato de la reivindicación 19, en el que el controlador maestro define una base de tiempo del controlador maestro que también se utiliza como la base de tiempo común.
- 40 21. El aparato de la reivindicación 20, en el que el aparato ajusta proporcionalmente la base de tiempo común, si el controlador maestro lo anula manualmente un operador, para mantener por tanto los cabezales de colocación de fibras funcionando mediante los controladores esclavos que funcionan dentro de límites prescritos de su movimiento.
- 45 22. El aparato de la reivindicación 20, que comprende además un post-procesador para evaluar la tasa de suministro y la aceleración de los cabezales de colocación controlados mediante los controladores esclavos, que resultan potencialmente de las órdenes generadas mediante el controlador maestro, entre sí y la tasa de suministro y la aceleración potenciales del cabezal de colocación controlado directamente mediante el controlador maestro, y ajustar la velocidad rotacional de la superficie de la herramienta para evitar superar las capacidades operativas de cualquier cabezal de colocación controlado mediante un controlador esclavo.



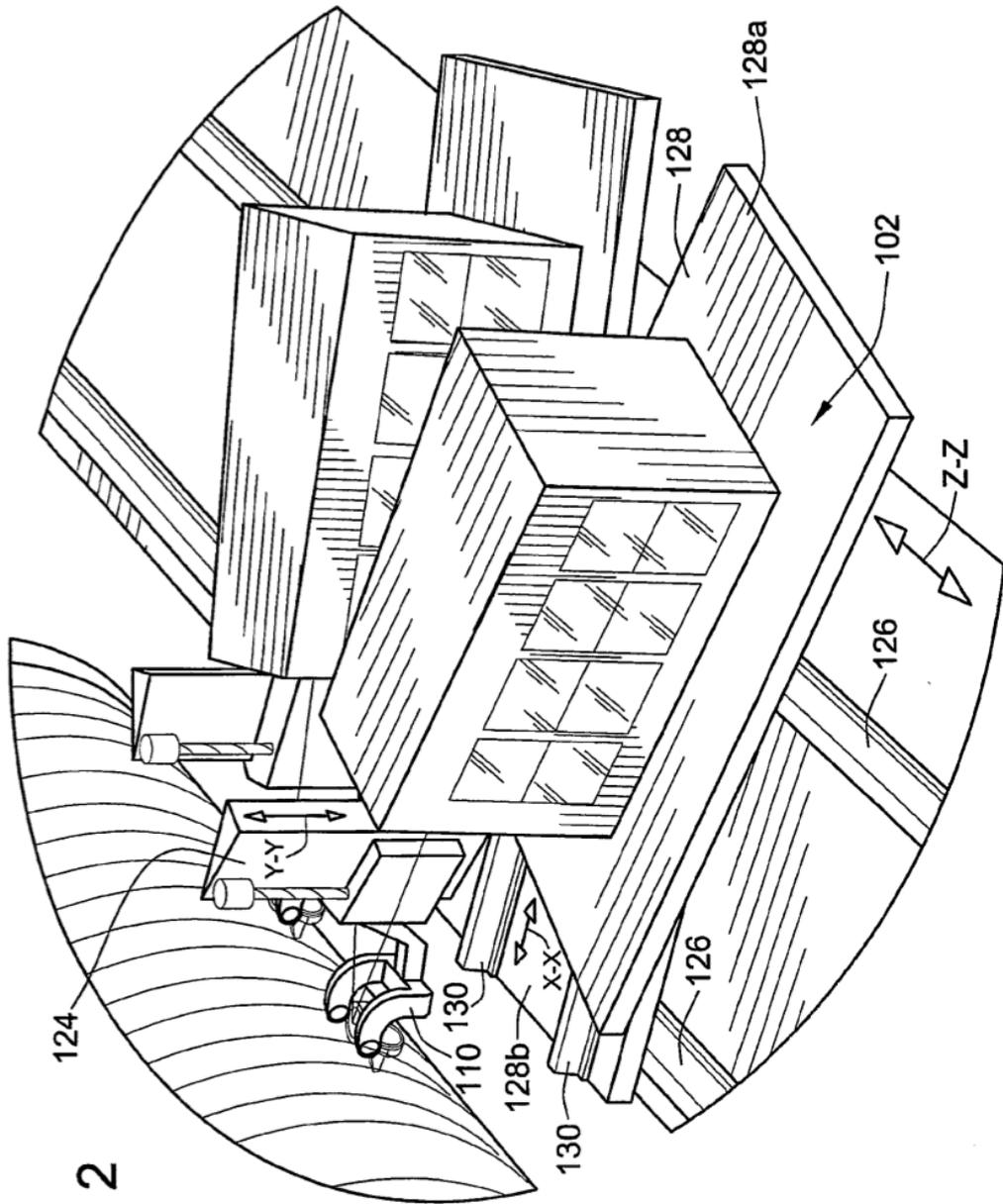


FIG. 2

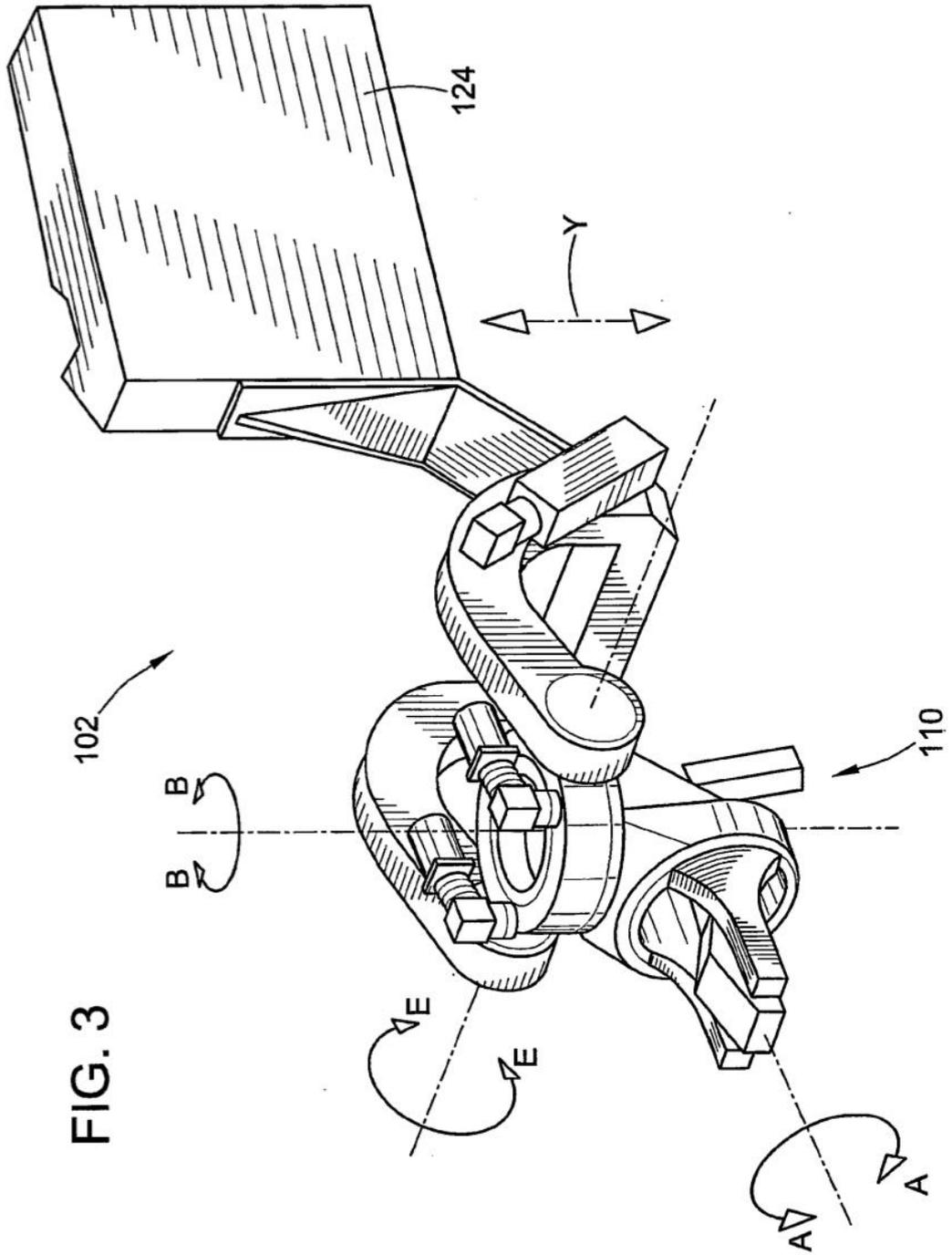
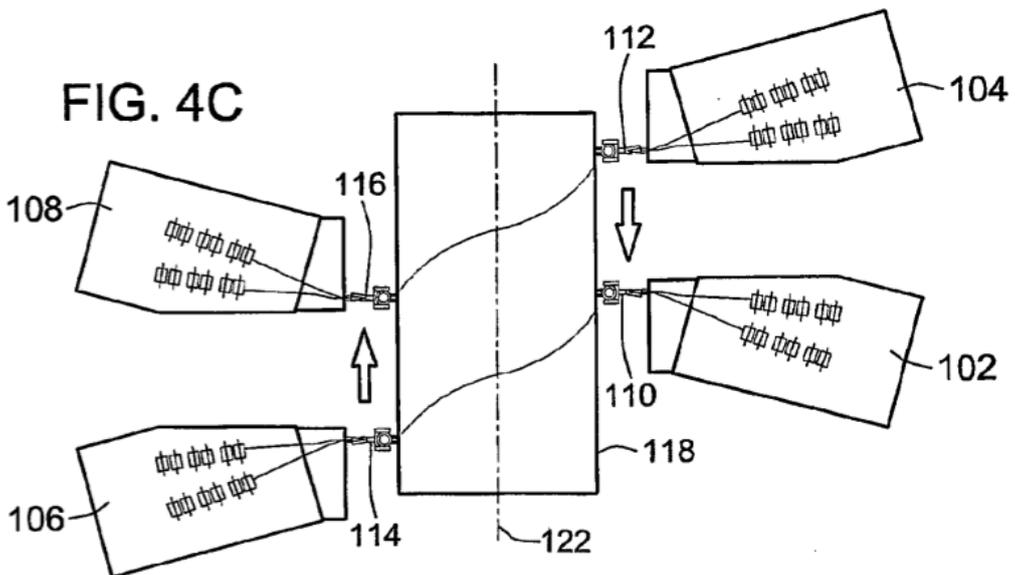
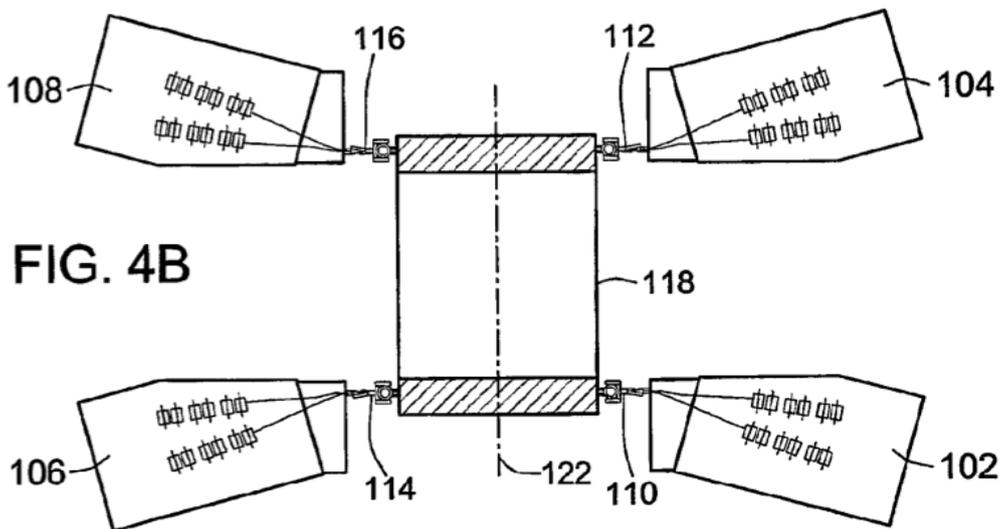
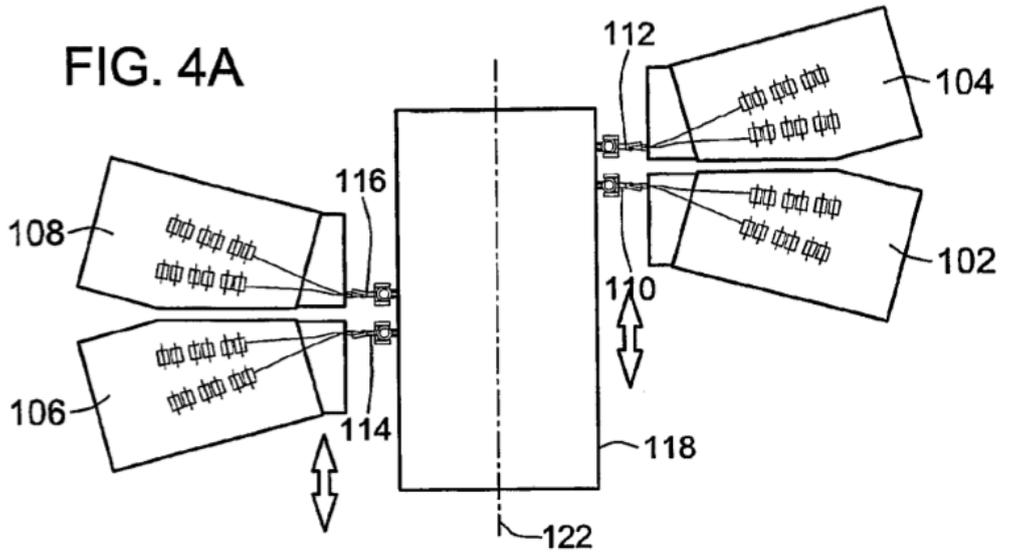


FIG. 3



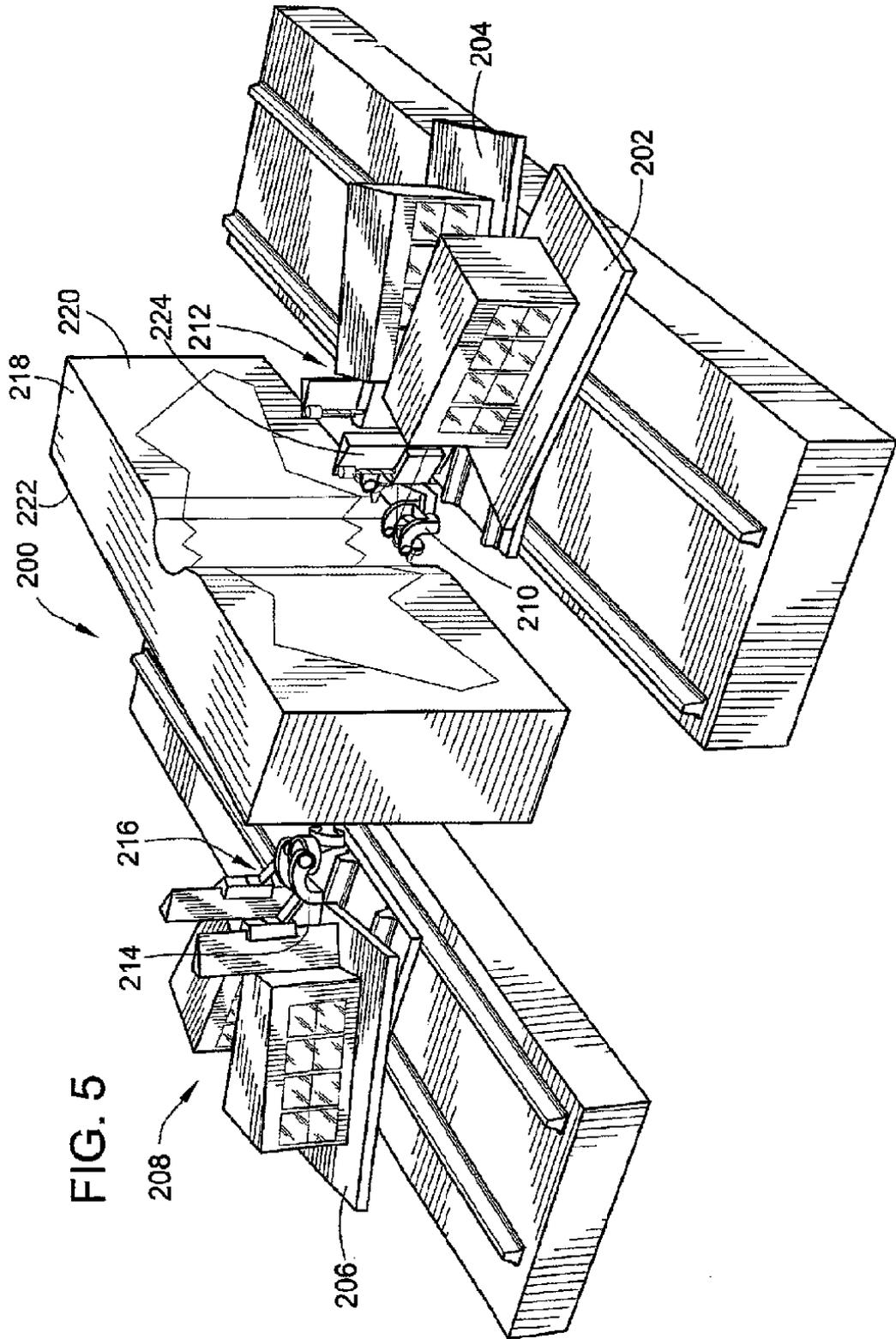


FIG. 5