

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 255**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/38** (2006.01)

**B29C 70/32** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2007 PCT/US2007/003939**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2007 WO07095301**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2007 E 07750758 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 1986842**

54 Título: **Método de colocación de material compuesto**

30 Prioridad:

**13.02.2006 US 352274**

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

**19.04.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JOHNSON, BRICE, A. y  
CARBERY, DAVID, J.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 609 255 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método de colocación de material compuesto

Campo de la invención

5 La presente invención en general se relaciona con un método para fabricar un elemento compuesto. Más particularmente, la presente invención pertenece a un método para autolaminación de un compuesto.

Antecedentes de la invención

10 Los elementos de compuesto normalmente se fabrican a partir de múltiples capas o pliegues. Estas capas en general incluyen una variedad de materiales tales como fibra de carbono, diversas otras fibras, películas o láminas metálicas, y similares. Además, las capas pueden ser preimpregnadas (si es fibra) o recubiertas (si es lámina) con una resina y, a menudo se distribuyen desde un rollo o carrete. En forma de rollo, el material de capa de compuesto se denomina como "cinta" y puede o no incluir una capa de respaldo. Este respaldo generalmente impide que el material de capa recubierto o impregnado previamente (preimpregnado) con resina se adhiera a sí mismo y ayuda en el manejo de la cinta cuando la cinta se aplica a la herramienta y la bandeja. La cinta se aplica a la herramienta en una multitud de hileras puestas a lado a lado para formar una capa. Cuanto más amplia sea esta cinta, menor será el número de hileras que necesitan ser aplicadas. Como tal, utilizar una cinta más ancha en general, aumenta las tasas de colocación y velocidades de fabricación del elemento compuesto. Sin embargo, aumentar el ancho de la cinta aumenta el tamaño y la complejidad del dispositivo de corte de cinta.

15 En las máquinas de laminación convencionales, la cinta se corta al principio y al final de cada capa para que coincida con el perfil de la capa que se coloca. En general, el perfil de partida de una hilera no coincide con el perfil final de la hilera aplicada previamente. Por lo tanto, se requiere que las máquinas de laminación convencionales se muevan lejos de la herramienta o mandril para cortar un nuevo perfil que coincide con el comienzo de la siguiente hilera. Este procedimiento desperdicia tiempo y material compuesto. Además, los dispositivos de corte son el componente menos confiable de las máquinas de laminación convencionales.

20 De acuerdo con lo anterior, es deseable proporcionar un método para fabricar elementos compuestos que sean capaces de superar las desventajas descritas aquí por lo menos en cierta medida.

25 Se proporciona los antecedentes de la técnica en los documentos EP 1 422 048 A, GB 1 314 065 A, WO 2005/106604 A y DE 33 31 494 A1.

30 El documento EP 1 422 048 A divulga un dispositivo para la fabricación de un artículo compuesto que tiene una pluralidad de distribuidores de plástico para aumentar la productividad. El dispositivo incluye una estructura que define un plano de referencia de la superficie de trabajo, la pluralidad de distribuidores de plástico que se pueden mover con respecto a la estructura, en la que cada uno de los distribuidores de plástico aplica una tira de material al plano de referencia de superficie de trabajo a lo largo de un eje predeterminado, y en el que cada uno de dichos ejes predeterminados son paralelos entre sí y donde la tira de material cuando se aplica al plano de referencia de la superficie de trabajo forma una capa. Algunos de los distribuidores aplican el material en una dirección mientras que los otros distribuidores aplican el material a lo largo de un eje paralelo en la dirección opuesta.

35 El documento GB 1 314 065 A divulga un dispositivo para moldear láminas de plástico reforzado con vidrio que comprende: un molde, un puente de armadura que abarca el molde y móvil sobre el molde en la dirección transversal al tramo de armadura, un carro capaz de moverse a lo largo de la armadura, un cabezal de moldeo llevado por el carro y que incluye medios para colocar y densificar longitudes de un material de lámina reforzado con vidrio en el molde y para impregnarlos con aglutinantes, medios para efectuar el movimiento simultáneo o no simultáneo de la armadura de puente sobre el molde y el movimiento del carro a lo largo de la armadura, y medios para rotar el cabezal en relación con el carro alrededor de un eje vertical y para fijar el cabezal en una posición deseada.

40 El documento WO 2005/106604 A divulga un aparato y un método para realizar un evento de alta velocidad, tal como un corte/adición de un remolque, en un proceso de colocación de fibra automatizada, al iniciar el evento de alta velocidad antes de que el cabezal de colocación de fibra alcance una ubicación a lo largo de una ruta de herramienta del cabezal de colocación de fibra en el que se desea tener el evento de alta velocidad completado.

45 Por último, el documento DE 33 31 494 A1 divulga un dispositivo para la producción de telas no tejidas de fibra de carbono o materiales impregnados con resinas sintéticas similares en forma de banda, en la que una serie de cabezales de colocación individualmente se distribuyen de tal manera que se puede establecer una pluralidad de bandas de forma adyacente al mismo tiempo.

## Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un método para aplicar una hilera de un elemento compuesto sobre un mandril, el método como se define en la reivindicación 1.

5 Se cumplen las necesidades descritas anteriormente, a un mayor grado, por la presente invención, en la que en algunas realizaciones se proporciona un método para fabricar elementos compuestos laminados.

10 Se divulga un método para aplicar una hilera sobre un molde de bandeja. En este método, se determina un límite de capa que define un área de capa sobre el molde de bandeja y se aplica una cinta de material compuesto sobre el área de capa en un ángulo oblicuo relacionado con el límite de capa. Adicionalmente, un borde de ataque de la cinta se corta a tope y el borde de ataque y el límite de capa convergen esencialmente. Adicionalmente, se genera un borde de salida. El borde de salida se corta a tope y el borde de salida y el límite de capa convergen esencialmente.

15 También se divulga un método para fabricar una zona de transición en un elemento compuesto. La zona de transición define un área que inicia en un primer medidor de piel y finaliza en un segundo medidor de piel. La zona de transición incluye un primer límite de capa oblicuo que se desfasa desde un segundo límite de capa oblicuo. En este método, un primer grupo de cintas de material compuesto se aplica a través del primer límite de capa oblicuo. Cada uno del primer grupo de cintas incluye un extremo respectivo que se corta a tope y cada uno del primer grupo de cintas incluye una línea central respectiva. Para cada uno del primer grupo de cintas, el extremo respectivo y la línea de centro respectiva convergen esencialmente en el primer límite de capa oblicuo. Adicionalmente, un segundo grupo de cintas de material compuesto se aplica a través del segundo límite de capa oblicuo. Cada uno del segundo grupo de cintas incluye un extremo respectivo que se corta a tope y cada uno del segundo grupo de cintas incluye una línea de centro respectiva. Para cada uno del segundo grupo de cintas, el extremo respectivo y la línea de centro respectiva convergen esencialmente en el segundo límite de capa oblicuo. Los extremos respectivos del segundo grupo de cintas se desfasan desde los extremos respectivos del primer grupo de cintas para generar un patrón plegado.

25 También se divulga un medio legible por ordenador en el que se incorpora software de ordenador que comprende un grupo de instrucciones para ejecutar un método para aplicar una hilera sobre un molde de bandeja. En este método, se determina un límite de capa que define un área de capa sobre el molde de bandeja y se aplica una cinta de material compuesto sobre el área de capa en un ángulo oblicuo relacionado con el límite de capa. Adicionalmente, un borde de ataque de la cinta se corta a tope y el borde de ataque y el límite de capa convergen esencialmente. Adicionalmente, se genera un borde de salida. El borde de salida se corta a tope y el borde de salida y el límite de capa convergen esencialmente.

35 También se divulga un medio legible por ordenador en el que se incorpora software de ordenador que comprende un grupo de instrucciones para ejecutar un método para fabricar una zona de transición en un elemento compuesto. La zona de transición define un área que inicia en un primer medidor de piel y finaliza en un segundo medidor de piel. La zona de transición incluye un primer límite de capa oblicuo que se desfasa desde un segundo límite de capa oblicuo. En este método, un primer grupo de cintas de material compuesto se aplica a través del primer límite de capa oblicuo. Cada uno del primer grupo de cintas incluye un extremo respectivo que se corta a tope y cada uno del primer grupo de cintas incluye una línea de centro respectiva. Para cada uno del primer grupo de cintas, el extremo respectivo y la línea de centro respectiva convergen esencialmente en el primer límite de capa oblicuo. Adicionalmente, un segundo grupo de cintas de material compuesto se aplica a través del segundo límite de capa oblicuo. Cada uno del segundo grupo de cintas incluye un extremo respectivo que se corta a tope y cada uno del segundo grupo de cintas incluye una línea de centro respectiva. Para cada uno del segundo grupo de cintas, el extremo respectivo y la línea de centro respectiva convergen esencialmente en el segundo límite de capa oblicuo. Los extremos respectivos del segundo grupo de cintas se desfasan desde los extremos respectivos del primer grupo de cintas para generar un patrón plegado.

45 También se divulga un aparato para aplicar una hilera sobre un molde de bandeja. El aparato incluye un medio para determinar un límite de capa que define un área de capa sobre molde de bandeja y un medio para aplicar una cinta de material compuesto sobre el área de capa en un ángulo oblicuo relacionado con el límite de capa. Un borde de ataque de la cinta se corta a tope y el borde de ataque y el límite de capa convergen esencialmente. Adicionalmente, el aparato incluye un medio para generar un borde de salida. El borde de salida se corta a tope y el borde de salida y el límite de capa convergen esencialmente.

55 También se divulga un aparato para fabricar una zona de transición en un elemento compuesto. La zona de transición define un área que inicia en un primer medidor de piel y finaliza en un segundo medidor de piel. La zona de transición incluye un primer límite de capa oblicuo que se desfasa desde un segundo límite de capa oblicuo. El aparato incluye un medio para aplicar un primer grupo de cintas de material compuesto a través del primer límite de capa oblicuo. Cada uno del primer grupo de cintas incluye un extremo respectivo que se corta a tope y cada uno del primer grupo de cintas incluye una línea de centro respectiva. Para cada uno del primer grupo de cintas, el extremo respectivo y la línea de centro respectiva convergen esencialmente en el primer límite de capa oblicuo.

Adicionalmente, el aparato incluye un medio para aplicar un segundo grupo de cintas de material compuesto a través del segundo límite de capa oblicuo. Cada uno del segundo grupo de cintas incluye un extremo respectivo que se corta a tope y cada uno del segundo grupo de cintas incluye una línea de centro respectiva. Para cada uno del segundo grupo de cintas, el extremo respectivo y la línea de centro respectiva convergen esencialmente en el segundo límite de capa oblicuo. Los extremos respectivos del segundo grupo de cintas se desfazan desde los extremos respectivos del primer grupo de cintas para generar un patrón plegado.

Por lo tanto se ha esbozado, más bien ampliamente, ciertas divulgaciones con el fin de que se pueda entender mejor la descripción detallada de las mismas aquí, y con el fin de que se pueda apreciar mejor la presente contribución a la técnica. Por supuesto, existen las realizaciones de la invención que se describirán a continuación y que formarán la materia objeto de las reivindicaciones adjuntas a esta.

A este respecto, antes de explicar por lo menos una realización de la invención en detalle, se debe entender que la invención no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y a las disposiciones de los componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es capaz de realizaciones además de aquellas descritas y de ser practicada y llevada a cabo de diversas maneras. También, se debe entender que la fraseología y terminología empleada aquí, así como en el resumen, son para propósitos de descripción y no se deben considerar como limitantes.

Como tal, aquellos expertos en la técnica apreciarán que la concepción sobre la que se basa esta descripción se puede utilizar fácilmente como base para el diseño de otras estructuras, métodos y sistemas para llevar a cabo los diversos propósitos de la presente invención. Por lo tanto, es importante, que las reivindicaciones sean consideradas como que incluyen dichas construcciones equivalentes en la medida en que no se apartan del alcance de las reivindicaciones.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de una máquina de laminación de cinta adecuada para uso con una realización de la invención.

La figura 2 es una vista en perspectiva de una máquina de laminación de cinta adecuada para uso con una realización de la invención.

La figura 3 es un diagrama de una capa adecuada para uso con la máquina de laminación de cinta ilustrada en la figura 1.

La figura 4 es una vista en detalle de una capa adecuada para uso con la máquina de laminación de cinta ilustrada en la figura 1.

La figura 5 es un diagrama de esquema de colocación de capa adecuado para uso con la máquina de laminación de cinta ilustrada en la figura 1.

La figura 6 es un diagrama de flujo para un método de colocación de hileras de cinta de acuerdo con una realización de la invención.

#### Descripción detallada

Se describe un sistema para la colocación de capas para fabricar un elemento compuesto y un método para utilizar este sistema. El sistema incluye un dispositivo de laminación automatizado tal como, por ejemplo, una máquina de colocación de la fibra automatizada (AFP), máquina de laminación de cinta plana (FTLM), máquina de laminación de cinta en contorno (CTLM) controlada numéricamente (NC), máquina de laminación de cinta de múltiples cabezales (MHTLM), y similares. Este dispositivo de laminación incluye uno o más cabezales de distribución para colocar capas de material compuesto sobre un mandril, molde bandeja o herramienta. Adicionalmente, el dispositivo de laminación incluye un dispositivo de corte para cortar el material compuesto.

El sistema y método se describirán ahora con referencia a las figuras de los dibujos, en las que números de referencia iguales se refieren a partes similares. La figura 1 es un diagrama de bloques de una máquina de laminación de cinta de múltiples cabezales (MHTLM). Como se muestra en la figura 1, la MHTLM incluye un grupo de cabezales 12a-12n de colocación que se posiciona mediante un grupo respectivo de dispositivos 14a-14n de posicionamiento. Los cabezales 12a-12n de colocación se configuran para colocar 16a-16n material compuesto sobre un sustrato 18. El sustrato 18 incluye la superficie de un mandril 20 u otra forma y/o la herramienta. Adicionalmente, el sustrato 18 incluye cualquier material compuesto aplicado previamente, agente de pegajosidad, y similares, que está sobre el mandril 20. El mandril 20 se hace girar o de otra forma se posiciona por un dispositivo 22 de accionamiento. El aparato 22 de accionamiento y/o los dispositivos 14a-14n de posicionamiento son controlados

por una unidad 24 de control. La unidad 24 de control accede a un archivo 26 que incluye instrucciones legibles por ordenador para fabricar un elemento compuesto.

La figura 2 es una vista en perspectiva de una máquina 10 de laminación de cinta de múltiples cabezales (MHTLM). Como se muestra en la figura 2, la MHTLM 10 incluye un marco 30 para posicionar los cabezales 12a-12d de colocación con relación al sustrato 18. El marco 30 y el sustrato 18 se configuran para moverse en direcciones A y B con relación uno con el otro. Adicionalmente, cada uno de los cabezales 12a-12d de colocación pueden poseer de forma independiente uno o más ejes de libertad en relación uno con el otro y/o el marco 30. Por ejemplo, cada cabezal 12a-12d de colocación se puede mover independientemente sobre los ejes 5, 6, o ejes similares. De esta manera, se configuran algunos o todos los cabezales 12a-12d de colocación para colocar tiras respectivas de una cinta 32 sobre el sustrato 18. La cinta 32 incluye cualquier material adecuado para fabricar un elemento 34 compuesto. Ejemplos de materiales adecuados incluyen láminas de metal, películas, fibras, y similares. Estos materiales se pueden recubrir o impregnar con resina. En un ejemplo particular, la cinta 32 incluye fibras de carbono que se impregnan previamente con una resina termoestable (preimpregnadas). En otro ejemplo, la cinta 32 incluye una lámina de titanio que está recubierta con una resina. El elemento 34 compuesto incluye cualquier elemento o parte adecuada que se puede fabricar con la cinta 32. Ejemplos particulares incluyen componentes de ala y fuselaje de una aeronave.

La figura 3 es un diagrama de una capa 38 adecuada para uso con la máquina de laminación de cinta ilustrada en la figura 1. Como se muestra en la figura 3, la capa 38 incluye un límite 40 de capa que define los bordes de la capa 38. Es de destacar que, la capa 38 incluye una pluralidad de hileras 42 que se orientan alrededor de 45° en relación con las líneas del límite 40 de capa. La capa 38 incluye adicionalmente una pluralidad de interfaz 44 de hileras distribuidas entre hileras 42 adyacentes. Las hileras 42 en general incluyen un borde 46 de ataque y un borde 48 de salida. Aunque se ilustra un ángulo de 45° en la figura 3, las hileras 42 se pueden orientar en cualquier ángulo adecuado relacionado con la capa 38 o sustrato 18. Por ejemplo las hileras 42 se pueden orientar a 0°, 90°, +/-45° y similares. Cuando se orienta a 0° y 90°, se pueden posicionar el borde 46 de ataque y el borde 48 de salida de la cinta 32 para coincidir esencialmente con el límite 40 de capa. Como tal, la orientación de hilera de 0° y 90° es relativamente sencilla, y de esta manera, no se discutirá adicionalmente aquí. En una realización, en cualquier ángulo oblicuo u orientaciones diferentes de 0° y 90°, se puede extender alguna porción de uno o ambos del borde 46 de ataque y borde 48 de salida más allá del límite 40 de capa como se muestra en la figura 3.

La figura 4 es una vista en detalle de la capa 38 adecuada para uso con la máquina de laminación de cinta ilustrada en la figura 1. Como se muestra en la figura 4, la cinta 32 incluye una línea 50 central. En una realización, la cinta 32 se posiciona sobre la capa 38 de tal manera que la línea 50 central, el límite 40 de capa, y el borde 46 de ataque o borde 48 de salida convergen esencialmente o se intersectan. Como tal, una porción o una esquina de la cinta 32 se extiende a cualquier lado del límite 40 de capa lo que resulta en un sobrellenado 52 y un llenado 54 insuficiente. En un ejemplo particular en el que la cinta 32 en el que se aplica en un ángulo de 45° al límite 40 de capa, la cinta 32 incluye un ancho (W) 56 y el sobrellenado 52 incluye una altura (h) 58 que se puede describir por la ecuación:

$$h = \frac{w}{2\sqrt{2}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Utilizando la ecuación 1 anterior, dado el ancho 56 de 3 pulgadas (7.62 cm), la altura 58 es aproximadamente igual a 1.06 pulgadas (2.69 cm). Del mismo modo, una altura 60 del llenado 54 insuficiente es esencialmente igual a la altura 58. Más en general, para cualquier ángulo oblicuo, las alturas 58 y 60 se pueden describir por la ecuación:

$$h = \frac{W(\text{SENO}\theta)}{n} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde  $\theta$  es un ángulo de incidencia (en Radianes) entre el límite 40 de capa y el borde 46/48 de ataque o de salida y donde  $n \geq 1$ . A este respecto, dependiendo del mecanismo de corte de cinta del cabezal 12a-12n de colocación, los bordes 46 y 48 de ataque y salida se pueden cortar en aproximadamente 80° a aproximadamente 100° e  $n$  relación con la línea 50 central. Más particularmente, los bordes 46 y 48 de ataque y salida se pueden cortar en aproximadamente 85° a aproximadamente 95° en relación con la línea 50 central. Esta variación de 90° está relacionada con el diseño del ensamble de corte y la velocidad a la que la cinta 32 se mueve cuando el corte se lleva a cabo. Adicionalmente, con respecto a  $n$  es mayor que o igual a 1, los bordes 46/48 de ataque o salida se pueden disponer en cualquier lugar adecuado a lo largo del límite 40 de capa. Dependiendo de la aplicación particular,  $n$  pueden se puede establecer en un valor específico. Sin embargo, en otras aplicaciones,  $n$  (es decir, la cantidad de bordes 46/48 de ataque/salida que conduce superposición de los límites 40 de capa) puede variar de capa a capa o incluso dentro de una capa dada. En un ejemplo particular,  $n=2$  que resulta en una superposición de aproximadamente 50%. En este ejemplo, los bordes 46/48 de ataque/salida, límite 40 de capa 40, y línea 50 central todos convergen esencialmente.

La figura 5 es un diagrama de un esquema de colocación de capa 66 adecuada para uso con la máquina de laminación de cinta ilustrada en la figura 1. Se puede utilizar el esquema de colocación de capa 66 para colocar una pluralidad de capas 38a-38n a lo largo una zona 68 de transición. La zona 68 de transición define una interfaz entre una primera área 70 del elemento 34 compuesto que tiene un primer grosor o "medidor de piel" y una segunda área 72 del elemento 34 compuesto que tiene un segundo medidor de piel. Las diferencias en los medidores de piel entre la primera área 70 y la segunda área 72 se llevan a cabo al alterar la cantidad de las capas 38a-38n. Es decir, para generar un área relativamente más fuerte o más gruesa sobre el elemento 34 compuesto, se aplica un número relativamente más grande de las capas 38a-38n al sustrato 18. Las capas 38a-38n incluyen límites 40a-n de capa respectivos que se separan a través de la zona 68 de transición. Adicionalmente, las capas 38a-38n se intercalan como se muestra en la figura 5 de tal manera que no coinciden los bordes 46/48 de ataque y salida y/o las interfaces 44. Este plegamiento o espaciado e intercalación facilita o suaviza la zona 68 de transición. De esta manera, se pueden generar transiciones que son estructuralmente sanas, con atractivo cosmético, y/o aerodinámicamente favorables de forma rápida y eficiente.

En aplicaciones en las que el límite 40 de capas está fuera del recorte neto (por ejemplo, fuera de un área que se va a cortar en el procesamiento posterior), no hay ningún problema con una capa 38 que interactúa con otras capas 38 en el elemento 34 de material compuesto. Sin embargo, en la zona 68 de transición u otras regiones de rampa de capa, donde muchas capas 38 se terminan a una corta distancia, las interacciones de pliegues a través del espesor del elemento 34 compuesto son relativamente más importantes. Normalmente se suelen producir rampas en capas en estructuras de fuselaje en una proporción de 20:1. Por lo tanto, dado un espesor de capa de 0.0074 pulgadas (0.188 mm), los límites de capas 40a-40n se pueden posicionar  $0.0074 \times 20 = 0.148$  pulgadas (3.76 mm) aparte.

En una realización particular mostrada en la figura 5, la zona 68 de transición incluye cuatro capas 38a-38d de +/-45° (dos +45° y dos -45°). En aras de la claridad, se pueden colocar capas a 0° y/o 90° dentro de la zona de transición 68 que no se han mostrado. Sin embargo, la secuencia de orientación de capas típica de capa a capa es de 45/90/-45/0°. Si están presentes, estas u otras capas colocadas entre las capas entre 38a-38d pueden tener límites de capas respectivos que se encuentren entre los límites de capas 40a-40d. En un ejemplo particular, si una capa de 0° se dispone entre las capas 38a-38b, la capa de 0° puede incluir un límite de capa dispuesto aproximadamente la 1/2 de la distancia entre el límite 40a y 40b de capa. Si se dispone una capa de 90° entre las capas 38b-38c, la capa de 90° puede incluir un límite de capa de aproximadamente 1/2 de la distancia entre los límites 40b-40c de capa. La separación de los límites 40a-40n de capas se determina por la relación de rampa de capas. Las relaciones de rampa normales para aplicaciones aeroespaciales incluyen aproximadamente una relación 20:1 o similar. Sin embargo, varias realizaciones de la invención incluyen cualquier relación de rampa adecuada.

Es una ventaja de las realizaciones de la presente invención que se puede reducir la complejidad debido a los cortes relativamente simplificados en comparación con los dispositivos de colocación de cinta convencionales. La simplificación de los cortes resulta en una mayor confiabilidad del cabezal y la capacidad de utilizar múltiples cabezales en una sola máquina para aumentar drásticamente la productividad de las máquinas que extienden el material compuesto. Por el contrario, ofrecer cabezales de máquinas convencionales de colocación de cinta no son lo suficientemente confiables para utilizar diversos cabezales de una sola vez.

Es una ventaja adicional de diversas realizaciones que se pueden utilizar cintas relativamente más amplias. Cuando se comparan con cintas utilizadas por las máquinas de colocación de fibras convencionales, el uso de cintas relativamente más amplias resulta en mecanismos más robustos, mejora de la confiabilidad del cabezal, y aumento del ancho total de material capaz de ser colocado por una sola máquina, dando como resultado mejoras espectaculares en la productividad y confiabilidad de la máquina.

Es aún otra ventaja de diversas formas de realización que los extremos delantero y posterior 46/48 son esencialmente los mismos. En dispositivos de colocación de capas convencionales, después de cortar el extremo de salida para coincidir exactamente con el límite de capas, el cabezal de colocación debe moverse fuera de la zona de colocación para cortar un perfil de borde de ataque que coincide con el comienzo de la siguiente hilera. Este proceso en los dispositivos de colocación de capas convencionales pierde tiempo y materiales. Las realizaciones de la invención, en virtud de que el borde de ataque y de salida 46/48 son esencialmente los mismos, omite esta operación que consume tiempo y no desperdicia estos materiales costosos.

Es todavía otro beneficio de diversas realizaciones de la presente invención que los artículos de material compuesto existentes se pueden fabricar de acuerdo con realizaciones de la invención con poca o ninguna modificación a las instrucciones de fabricación existentes. En particular, las piezas fabricadas con herramientas de línea de molde interna ("IML") y/o herramientas de líneas de molde externas semirrígidas ("OML") o provocar láminas tales como se utilizan en los componentes 787 de fuselaje, se pueden fabricar de acuerdo con realizaciones de la invención. La superficie de la herramienta IML se esculpe para que coincida con las variaciones de espesor de capas de modo que el OML puede permanecer sin problemas. En estos y otros casos, la ubicación inadecuada del material compuesto puede dar lugar a variaciones de la superficie OML más allá de los límites aceptables. Por lo tanto, las realizaciones de la invención proporcionan suficiente control de material o capa para generar una superficie OML

aceptable y calidad de laminado al sustituir directamente el proceso de colocación de fibras sin cambios sustanciales para ejercer límites diseñados para máquinas de colocación de fibras convencionales.

La figura 6 es un diagrama de flujo para un método 80 de colocación de hileras de cinta de acuerdo con una realización de la invención. Antes de la iniciación del método 60, se puede producir una variedad de preparación. Ejemplos de preparación previa a la iniciación pueden incluir uno o más de: diseñar el artículo de material compuesto 34; generar el archivo 26 correspondiente al elemento 34 compuesto; generar el mandril 20 correspondiente al elemento 34 compuesto; adquirir materiales de fabricación, tales como cinta 32; y similares. Como se muestra en la figura. 6, el método 80 se inicia en respuesta a proporcionar un sistema tal como la MHTLM 10.

5 En la etapa 84, la cinta 32 se aplica al sustrato 20. Por ejemplo, se accede al archivo 26 para determinar los límites de capas 40a-40n. En base a estos límites de capas 40a-40n, el aparato de accionamiento 22 y/o el aparato de posicionamiento 14a-14n están controlados por la unidad de control 24 para posicionar el cabezal de colocación 12a-12n. A partir de entonces, se controlan los cabezales de colocación 12a-12n para colocar o aplicar la cinta 32.

10 En la etapa 86, se determina si uno o más de los cabezales 12a-12n de colocación está acercándose a un punto de extremo o límite 40a-40n de capas. Por ejemplo, se accede al archivo 26 y la posición actual de los cabezales 12a-12n de colocación se pueden comparar con los límites 40a-40n de capas. En respuesta a que se determinó que uno o más de los cabezales 12a-12n de colocación se aproxima a un punto final o límite de capas 40a-40n, se puede cortar la cinta 32 en el paso 88. De lo contrario, se puede controlar el cabezal 12a-12n de colocación para seguir la colocación de la cinta 32 en el paso 84.

15 En la etapa 88, se corta la cinta 32. Por ejemplo, la unidad 24 de control puede controlar el cabezal 12a-12n de colocación para cortar la cinta 32 en respuesta a la aproximación límite 40a-40n de capas. En diversas realizaciones de la invención, el corte es un corte a tope. Es decir, el corte es aproximadamente perpendicular a la línea central 50 de la cinta 32. En una realización, el corte se puede programar de tal manera que cuando la cinta 32 se coloca sobre el sustrato 18, el borde 48 de corte o salida final coincide con el límite de capa 40a-40n.

20 En la etapa 90, se determina si se ha completado la bandeja. Por ejemplo, se accede al archivo 26 para determinar si hay alguna instrucción adicional o se alcanza un identificador de fin de archivo ("EOF"). Si se determina que la bandeja está completa, el artículo de material compuesto 34 se puede curar en la etapa 170. Si se determina que la bandeja no está completa, se puede aplicar la cinta en la etapa 84.

25 En la etapa 92, se cura el elemento 34 compuesto. Por ejemplo, los elementos compuestos se colocan en un entorno caliente y/o a presión para curar la resina en la cinta 32.

30 Después de la etapa 90, la MHTLM 10 se puede inactivar o detener hasta controlar para iniciar el método 80 de nuevo.

35 Las muchas características y ventajas de la invención son evidentes a partir de la especificación detallada, y por lo tanto, se pretende que las reivindicaciones adjuntas cubran todas las características y ventajas de la invención que caen dentro del alcance de las reivindicaciones. Adicionalmente, puesto que numerosas modificaciones y variaciones se les ocurrirán fácilmente a los expertos en la técnica, no se desea limitar la invención a la construcción exacta y funcionamiento ilustrado y descrito, y en consecuencia, todas las modificaciones y equivalentes adecuados pueden caer dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para aplicar una hilera (42) de un elemento (34) compuesto sobre un mandril (20), el método comprende:

5 determinar (86), a partir de un diseño del elemento (34) compuesto, límites (40a-n) de capa que definen una pluralidad de capas (38a-n) sobre el mandril (20);

aplicar (84) una cinta de material (32) compuesto para cada capa (38) en un ángulo oblicuo relacionado con su límite (40) de capa, en el que un borde(46) ataque de la cinta (32) se corta a tope;

generar un borde (48) de salida, en el que el borde (48) de salida de la cinta (32) se corta a tope,

10 en el que, para cada capa (38), se aplica (84) la cinta (32) y se genera el borde (48) de salida de tal manera que una línea (50) central de la cinta (32), el límite (40) de capa, y el borde (46) de ataque esencialmente se intersecta en un primer punto, la línea (50) central de la cinta (32), el límite (40) de capa y el borde (48) de salida esencialmente se intersectan en un segundo punto, y una interfaz (44) de hilera se dispone entre hileras (42) adyacentes; e

15 intercalar, para cada placa, los bordes de ataque (46) y de salida (48) de la cinta (32) de tal manera que, dentro de una zona (68) de transición del elemento (34) compuesto, los bordes de ataque (46) y de salida (48) de la cinta (32) y la interfaz (44) de hilera no coinciden con aquellos de cualquiera de otra pluralidad de capas (38a-n),

en la que la zona (68) de transición define un área que inicia en un primer grosor y finaliza en un segundo grosor e incluye los límites (40a-n) de capa, y

en el que cada uno de los límites (40a-n) de capa en la zona (68) de transición se desplaza uno del otro.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, comprende adicionalmente:

20 generar un sobrellenado (52), en el que se describe una altura (58) de sobrellenado por la ecuación:

$$\text{altura de sobrellenado} = \frac{W(\text{SENO}\theta)}{n}$$

en la que W es un ancho de la cinta (32),  $\theta$  es un ángulo de incidencia en Radianes entre el límite (40) de capa y el borde (46) de ataque, y  $n \geq 1$ .

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:

25 aplicar (84) la cinta (32) en un ángulo de 45° en r elación con el límite (40) de capa, en la que se describe la altura (58) de sobrellenado por la ecuación:

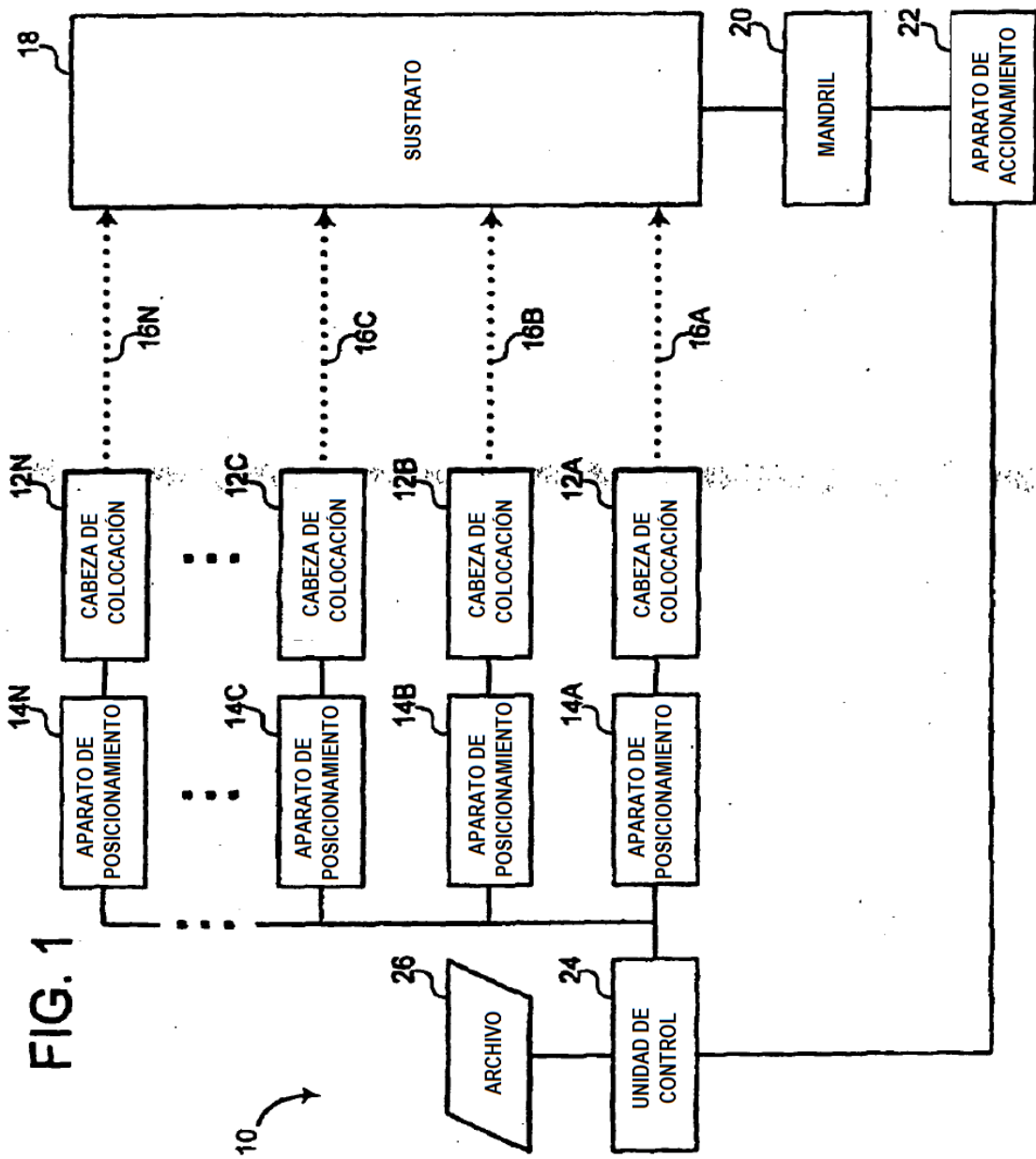
$$\text{altura de sobrellenado} = \frac{w}{2\sqrt{2}}$$

en la que W es el ancho de la cinta (32).

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende adicionalmente:

30 generar un llenado (54) insuficiente, en el que una altura (60) de llenado insuficiente es aproximadamente igual a la altura (58) de sobrellenado.





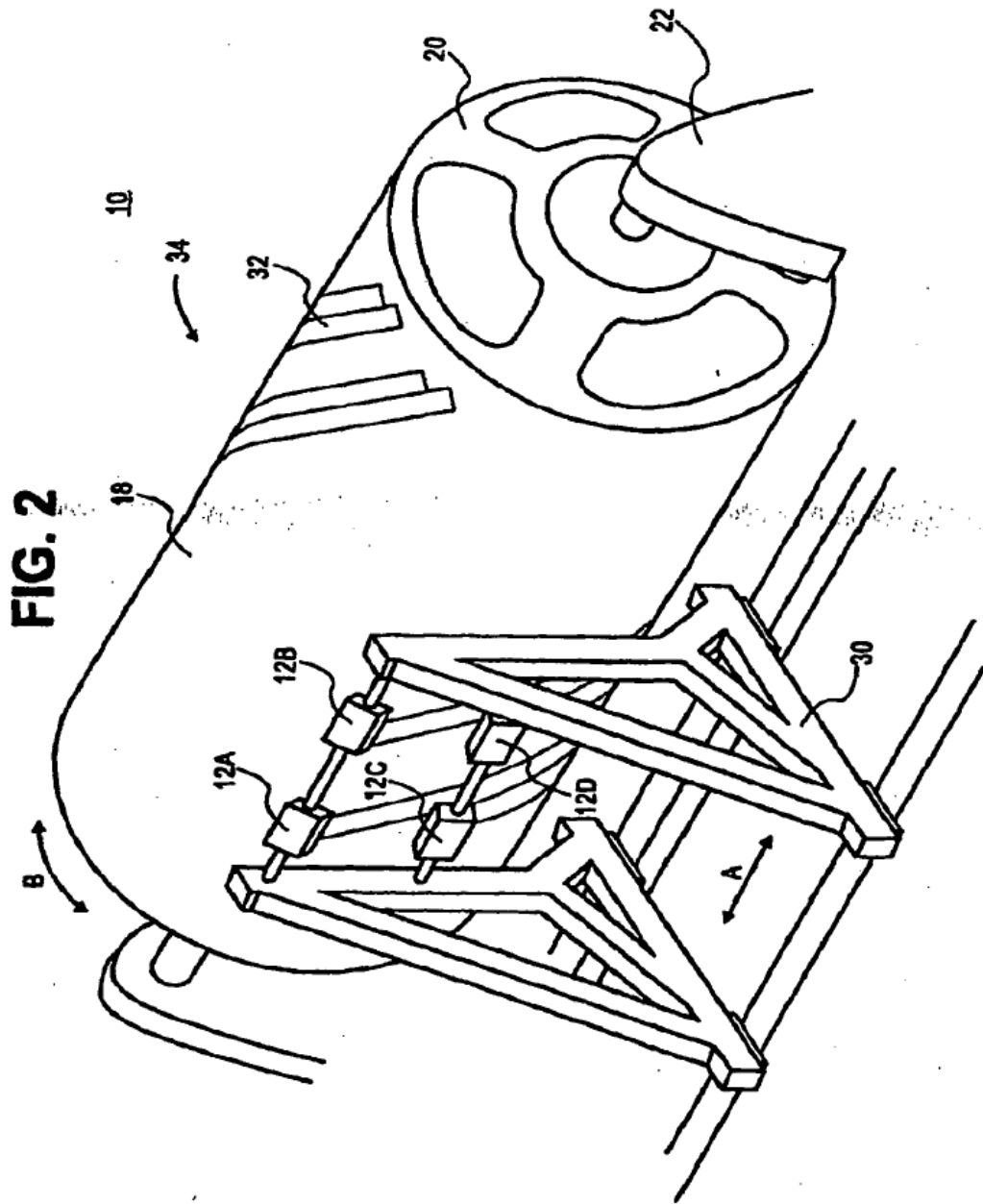


FIG. 3

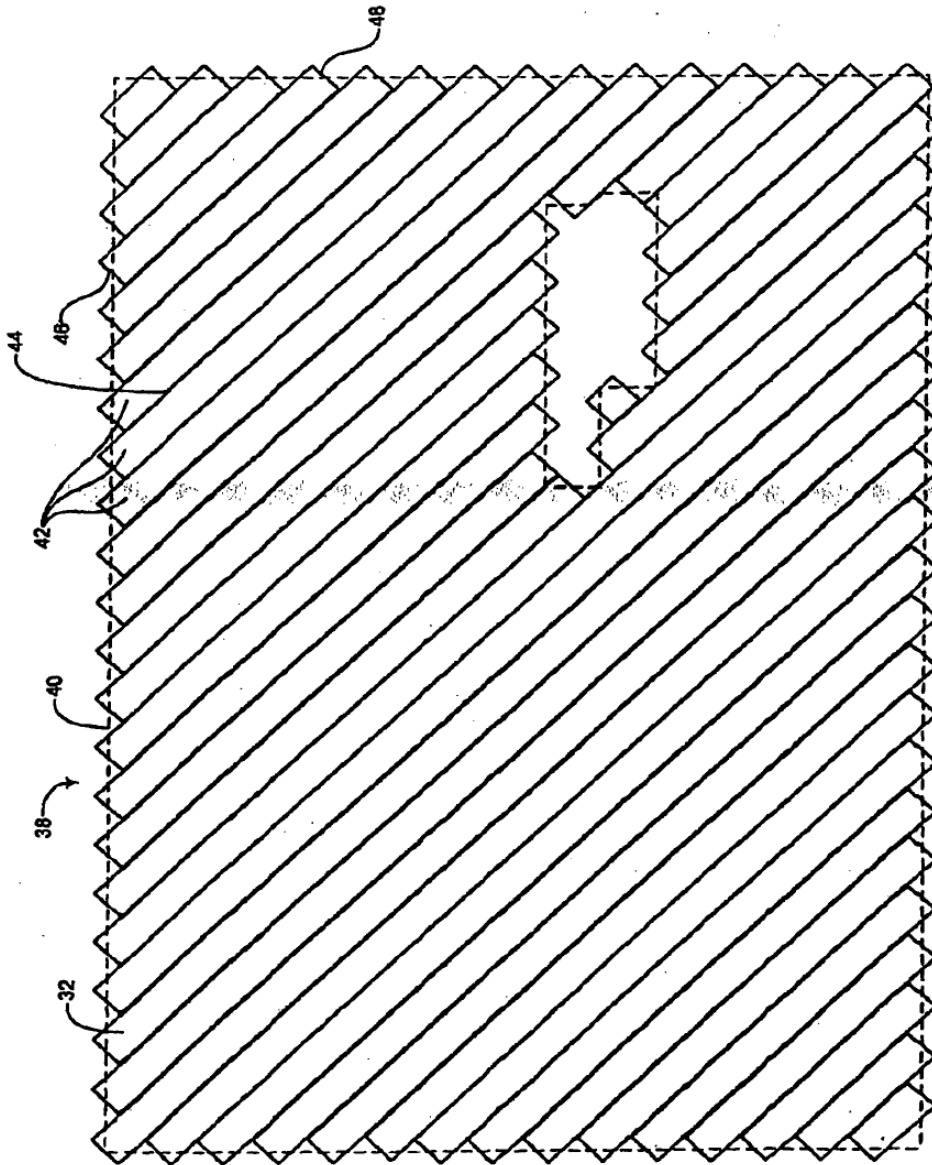


FIG. 4

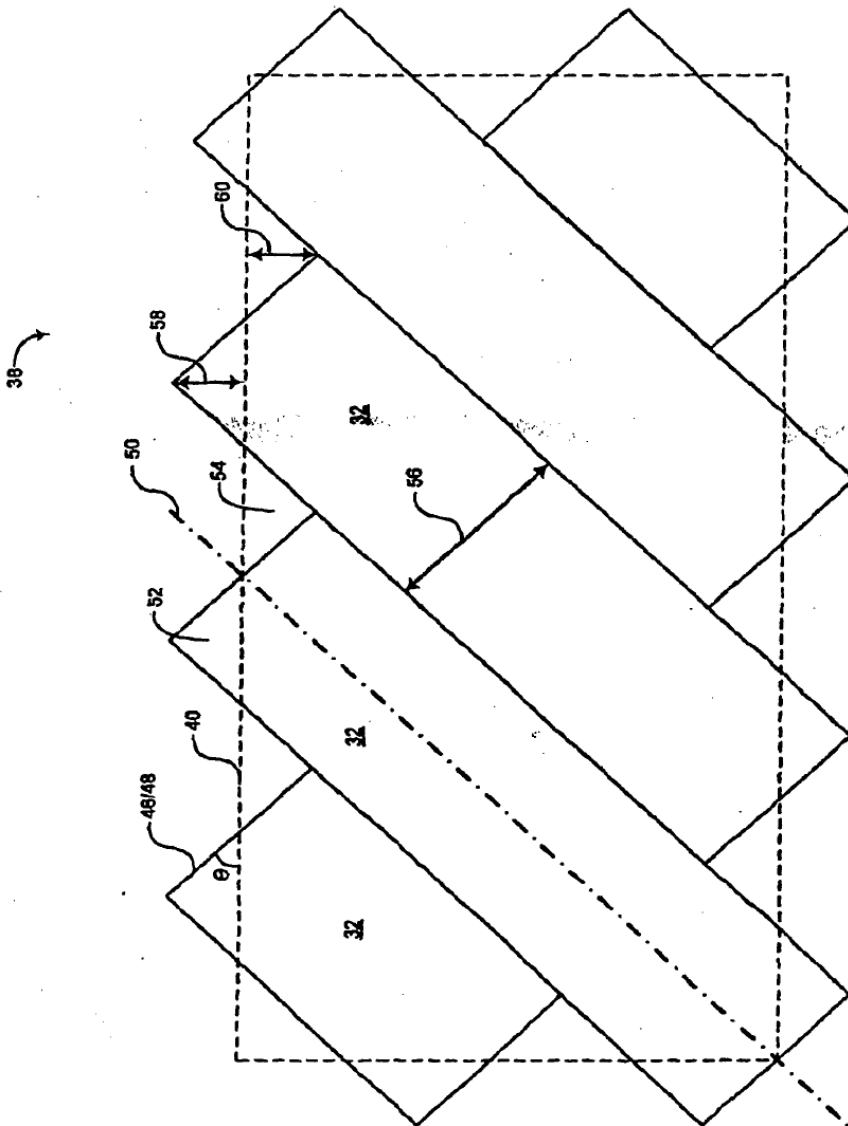


FIG. 5

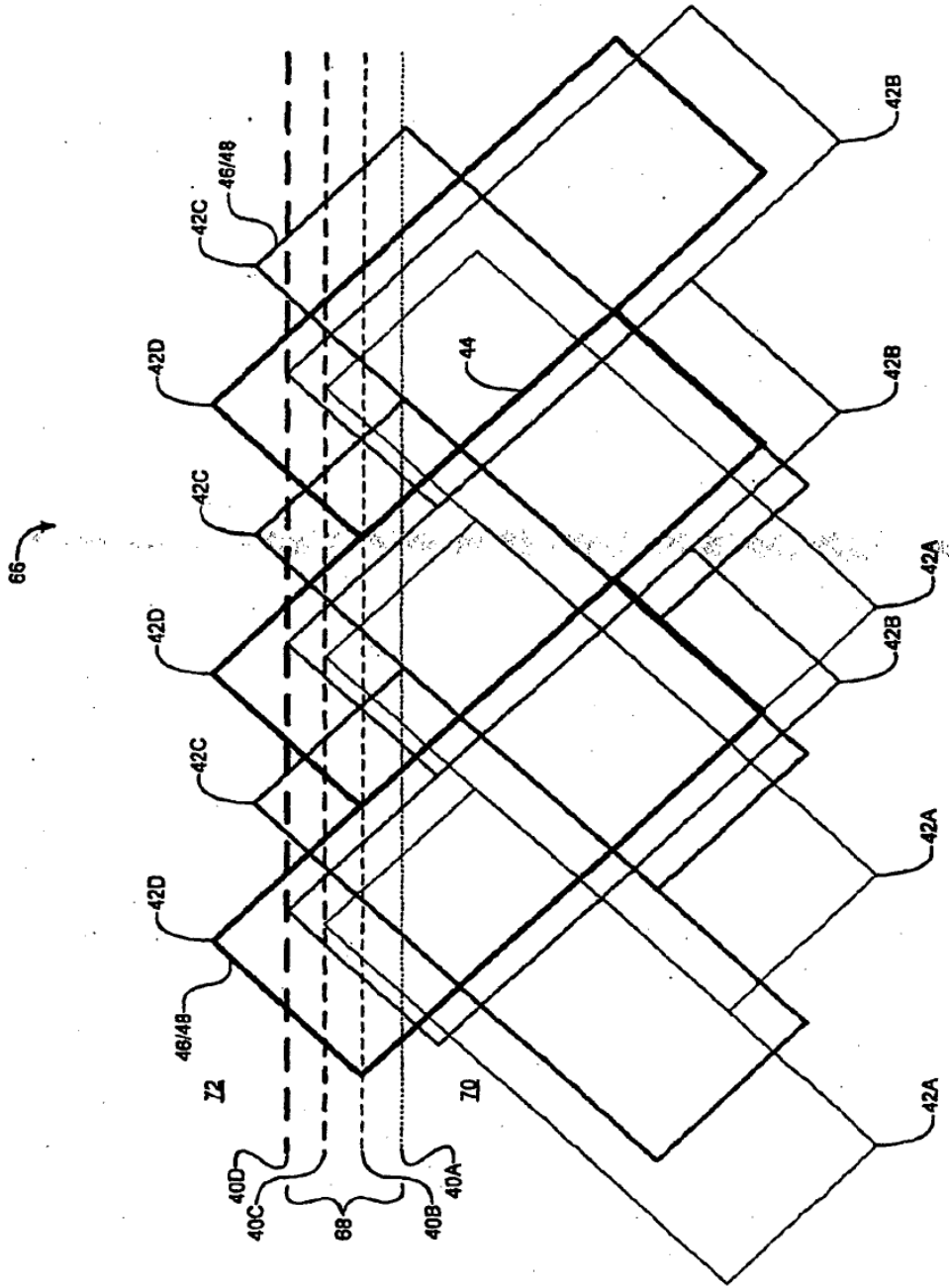


FIG. 6

