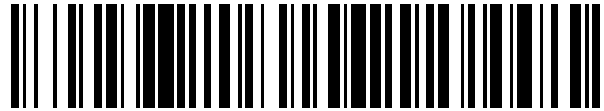


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 496**

51 Int. Cl.:

B29C 33/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2006 E 14160351 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2746023**

54 Título: **Molde compuesto maquinable**

30 Prioridad:

13.07.2005 US 180831

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

08.06.2016

73 Titular/es:

**HEXCEL CORPORATION (100.0%)
11711 Dublin Boulevard
Dublin, California 94568, US**

72 Inventor/es:

CALLIS, RICHARD

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 573 496 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

Molde compuesto maquinable

5 **1. Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a aparatos y métodos usados para moldear materiales compuestos para formar estructuras compuestas. Más en concreto, la presente invención se refiere a los moldes/herramientas que se usan para formar tales estructuras compuestas.

10

2. Descripción de la técnica relacionada

Muchos procesos para hacer estructuras compuestas utilizan un molde o herramienta para proporcionar contornos y formas superficiales deseadas. El molde es especialmente importante en procesos de autoclave donde el material de resina/fibra no curado se calienta en el molde, bajo vacío, a temperaturas de curado relativamente altas (177°C (350°F) y superiores) para formar la pieza o estructura compuesta final.

Los moldes hechos de aleaciones de acero, tal como INVAR36, se están usando actualmente porque son sumamente fuertes y pueden resistir fácilmente las elevadas temperaturas de curado usadas en autoclaves para curación de material compuesto. Estos moldes también se denominan de ordinario "herramientas" o "utillaje". Los moldes de aleación de acero pueden ser maquinados para obtener estrictas tolerancias de perfil superficial. Además, los moldes de aleación de acero pueden ser modificados para proporcionar diferentes configuraciones superficiales y/o reacondicionados maquinando y puliendo simplemente la superficie de molde. Otra ventaja es que los moldes de aleación de acero pueden ser reutilizados muchas veces (más de 500 ciclos) antes de que tengan que ser reacondicionados. Aunque los moldes de aleación de acero son muy adecuados para su finalidad prevista, el uso de moldes de aleación de acero está asociado con varios inconvenientes. Por ejemplo, los moldes de aleación de acero tienden a ser pesados y caros. Además, el tiempo requerido para calentar y luego enfriar un molde masivo de aleación de acero aumenta el tiempo de ciclo durante el moldeo de estructuras compuestas.

Los moldes hechos de materiales compuestos se han desarrollado como una alternativa a los moldes de aleación de acero. Los moldes compuestos se han popularizado porque son típicamente más ligeros y menos caros de hacer que los moldes de aleación de acero. Los moldes compuestos se forman por lo general usando un molde maestro altamente exacto que se hace de una aleación de acero u otro material adecuado. Se exponen ejemplos de moldes compuestos anteriores en la Patente de Estados Unidos número 4.851.280; WO 2004/030906; y WO 2004/030897. JP 04176611 describe un método para mejorar la conductividad térmica de un troquel de moldeo FRP usando un material de refuerzo conteniendo tela tejida de fibras de carbono recubiertas con metal o cordón de fibras de carbono troceadas recubiertas de metal.

Las resinas de bismaleimida y poliimida se han usado ampliamente en combinación con fibras de carbono como los materiales de opción para moldes compuestos. Se aplica tela de carbono tejida cortada a mano en trozos cuadrados para formar múltiples capas individuales. Los trozos de tela tejida se orientan en el molde maestro para proporcionar superficies de herramienta lisas. La resina puede ser introducida en los trozos de fibra tejidos de varias formas. Por ejemplo, la resina se puede añadir a través de impregnación automatizada por el fabricante de material (prepreg). Alternativamente, la resina puede ser introducida a los trozos tejidos cuando están en el molde maestro. Esto se lleva a cabo por infusión en vacío o simple aplicación manual de la resina.

En general, se usa una tela tejida de peso aéreo inferior como la capa superficial y/o recubrimiento superficial de gel de resina para el molde compuesto con el fin de obtener una superficie sin hoyuelos. Los pesos aéreos de la tela superficial son generalmente del orden de 250 gramos por metro cuadrado (gm²). El uso de la tela tejida de peso aéreo bajo en las superficies de molde también tiende a minimizar la transferencia o paso de la textura relativamente áspera de las telas tejidas subyacentes de peso aéreo más alto (alrededor de 650 gm²) a la superficie de molde. Las telas de peso aéreo más alto se usan típicamente en el cuerpo del molde para formar el volumen/grosor laminado necesario para lograr la deseada resistencia del molde.

Un problema de los moldes compuestos es que son difíciles de maquinar o reparar. Además, es difícil procesar el molde para obtener estrictas tolerancias superficiales o acomodar cambios en el perfil de la superficie de molde sin degradación de la integridad en vacío y poner en peligro la estabilidad dimensional. Este problema surge porque el maquinado de la superficie del molde expone el material de tela de peso más pesado y cambia las características cuasi-isotrópicas del laminado. La extracción de capas de material de peso diferente también deja un laminado desequilibrado que puede distorsionar y afectar a la integridad dimensional del molde y poner en peligro la integridad en vacío. Además, los materiales de peso más pesado tienden a ser porosos debido a las características tejidas del material. Al maquinarse a estas capas, la porosidad afecta a la integridad en vacío y se puede desarrollar escapes de vacío a lo largo de los planos de corte interlaminares que se forman debido a que el material se aplica al molde maestro a modo de capas.

65

El maquinado de los moldes compuestos también es complicado porque las resinas usadas en los moldes

compuestos tienden a ser quebradizas.

Resumen de la invención

5 La invención se define por las características de las reivindicaciones independientes 1, 8, 15 y 19.

Según la presente invención, se facilitan moldes (también denominados "utilaje") para uso al hacer estructuras compuestas donde el cuerpo de molde se hace de un material cuasi-isotrópico compuesto de una pluralidad de haces de fibras orientadas aleatoriamente impregnadas con una resina. Se ha descubierto que el uso de haces de
10 fibras orientadas aleatoriamente o astillas, que están impregnadas con una resina apropiada, proporciona un molde compuesto que puede ser maquinado a las mismas tolerancias superficiales que los moldes de metal.

Los moldes según la presente invención son para uso al hacer una estructura compuesta o pieza que tenga una superficie moldeada. El molde compuesto incluye un cuerpo de molde que tiene una superficie de herramienta que
15 está conformada para proporcionar una superficie moldeada deseada para la estructura compuesta. El cuerpo de molde se hace de al menos una capa de molde compuesta de un material cuasi-isotrópico que se hace de una pluralidad de haces de fibras orientadas aleatoriamente o astillas que están impregnadas con una resina. La capa de molde incluye una superficie que forma al menos una parte de la superficie de herramienta.

20 Como un aspecto de la presente invención, el cuerpo de molde incluye al menos dos capas de molde donde ambas capas de molde tienen una superficie que forma al menos una parte de la superficie de herramienta. Las superficies de herramienta en las dos o más capas de molde se forman usando un molde maestro y luego se conforman más, si se desea, por maquinado.

25 La presente invención cubre métodos para moldear estructuras compuestas usando los moldes compuestos descritos anteriormente. Además, la presente invención cubre métodos para modificar los moldes compuestos. Estos métodos implican modificar los moldes preexistentes maquinando el molde y/o uniendo al menos una capa de molde adicional a la superficie de herramienta. Luego se maquina la capa adicional, si se desea, para formar una superficie de herramienta modificada. Este tipo de método de modificación de molde es útil al cambiar la configuración
30 superficial del molde o reparar una superficie de herramienta dañada.

Las características explicadas anteriormente y otras muchas y las ventajas concomitantes de la presente invención se entenderán mejor por referencia a la descripción detallada tomada en unión con los dibujos acompañantes.

35 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una representación diagramática de una porción de un molde según la presente invención donde se usan seis capas de molde para formar el cuerpo de molde.

40 La figura 2 es una representación diagramática de una porción de un molde según la presente invención donde el molde representado en la figura 1 ha sido maquinado para formar una superficie de herramienta diferente.

La figura 3 es una representación diagramática de una porción de un molde según la presente invención donde el molde representado en la figura 1 ha sido modificado añadiendo tres capas de molde adicionales seguido del
45 maquinado de las tres capas adicionales para proporcionar una superficie de herramienta modificada.

La figura 4A es una vista parcial de un molde ejemplar según la presente invención antes del maquinado y la figura 4B es el mismo molde después de haber sido maquinado.

50 Descripción detallada de la invención

Una porción de un molde ejemplar compuesto según la presente invención se representa diagramáticamente en 10 en la figura 1. El molde es para uso al fabricar piezas compuestas según procesos conocidos de curado en autoclave donde las temperaturas de servicio son típicamente de entre 177°C y 260°C (350°F y 500°F). Sin
55 embargo, si se desea, el molde puede ser usado en otros procesos de moldeo donde no haya que calentar el material que se moldee. El molde 10 se ha diseñado como sustitución de los moldes compuestos o utilaje existentes que son soportados típicamente por otra estructura durante el proceso de moldeo. Estos tipos de moldes compuestos han estado en uso durante muchos años para moldear una amplia variedad de materiales compuestos. Los moldes de la presente invención pueden ser usados en cualquier situación donde se precise dicho molde
60 compuesto.

El molde 10 incluye un cuerpo de molde 11 que tiene superficies de herramienta 12 y 13 que están conformadas para proporcionar la superficie moldeada deseada en la estructura compuesta que se esté fabricando. Las superficies de herramienta 12 y 13 se conforman usando un molde maestro (representado en transparencia en 14)
65 según procedimientos conocidos para hacer moldes compuestos. El cuerpo de molde 11 se representa teniendo seis capas de molde 16, 18, 20, 22, 24 y 26. Las capas de molde se forman según procedimientos de colocación

convencionales donde cada capa no curada es aplicada secuencialmente al molde maestro 14 comenzando con la capa de molde 26 y terminando con la capa de molde 16. Después de aplicar el número deseado de capas, se cura el cuerpo resultante para formar el cuerpo de molde 11. La superficie de herramienta 12 está formada por una sola capa de molde 26. Esto contrasta con la superficie de herramienta 13 formada por las capas de molde 26, 24 y 22.

Se prefiere, aunque no es necesario, hacer cada una de las capas de molde usadas en el cuerpo de molde de material cuasi-isotrópico compuesto por haces de fibras orientadas aleatoriamente o astillas impregnadas con una resina adecuada. Solamente es necesario que las capas de molde que forman las superficies de herramienta (por moldeo inicial o maquinado posterior) se hagan a partir de material semi-isotrópico. El término "material cuasi-isotrópico", en el sentido en que se usa aquí, también cubre los materiales compuestos denominados "transversalmente isotrópicos". Estos materiales están formados por astillas o haces orientados aleatoriamente, que se componen de fibras impregnadas con una resina adecuada. Se describen materiales cuasi-isotrópicos ejemplares en la Patente europea EP 1.134.314 B1.

Los materiales cuasi-isotrópicos que pueden ser usados para hacer moldes compuestos según la presente invención incluyen astillas orientadas aleatoriamente o haces de fibras de carbono impregnadas con una resina adecuada. Se puede usar, si se desea, otros tipos de fibras, tal como fibras de vidrio, fibras cerámicas e híbridos. Las fibras se agrupan conjuntamente para formar una astilla o haz rectangular. Las astillas deberán ser de 1,27 y 10,16 cm (1/2 a 4 pulgadas) de largo y de 0,32 y 2,54 cm (1/8 a 1 pulgada) de ancho. Las fibras en cada astilla pueden ser unidireccionales o tejidas. Se prefieren las astillas con fibras unidireccionales. Cada una de las astillas deberá contener de 1.000 a 100.000 fibras. Las astillas pueden contener diferentes cantidades de resina y fibras. Se prefiere que el contenido de resina sea de 30 a 50 por ciento en volumen, prefiriéndose en particular de 36 a 40 por ciento en volumen de resina.

El material cuasi-isotrópico se facilita preferiblemente como una hoja o capa de astillas que forma un prepreg no curado que es de 0,10 y 1,27 cm (0,04 a 0,5 pulgada) de grueso. El grosor preferido de la capa de astillas es de 0,15 a 0,25 cm (0,06 a 0,10 pulgada). El peso aéreo de las astillas individuales es típicamente de entre aproximadamente 200 y 300 gm², que corresponde a capas de prepreg que tienen pesos aéreos de aproximadamente 1000 a 3500 gm². Las resinas ejemplares que se pueden usar para formar el material cuasi-isotrópico incluyen bismaleimida, poliimida, PEEK, fenólicos y análogos. Los materiales cuasi-isotrópicos preferidos son una capa de prepreg compuesta de astillas formadas por fibras de carbono impregnadas con una resina de bismaleimida.

Se puede obtener materiales cuasi-isotrópicos preferidos de Hexcel Corporation (Dublin, California) bajo la denominación comercial HexMC®. HexMC® se facilita como un prepreg no curado en forma de hojas o capas que se colocan en el molde maestro y luego se curan según procedimientos estándar para resinas de bismaleimida. HexMC® se suministra como un material de prepreg que debe ser curado por calor una vez que el material haya sido colocado en el molde maestro. HexMC®/C/M61 es un tipo de material especialmente preferido. Este material está formado por astillas de 0,84 y 5,08 cm (1/3 X 2 pulgada) de prepreg unidireccional HexPLY® M65. Se puede usar materiales cuasi-isotrópicos que tengan propiedades similares a HexMC®, a condición de que puedan ser maquinados a las tolerancias superficiales expuestas más adelante.

Como una característica de la presente invención, el cuerpo de molde 11 se puede maquinar, si se desea, para obtener tolerancias superficiales que sean equivalentes a las de los moldes de metal. Se representa un molde maquinado en la figura 2 en 30. El molde maquinado 30 es el mismo que el molde 10, a excepción de que las superficies de herramienta originales 12 y 13 han sido maquinadas para proporcionar superficies de herramienta adicionales 31, 32, 33, 34 y 35. La formación de estas superficies de herramienta adicionales se puede llevar a cabo usando alguna de las herramientas y técnicas de maquinado conocidas que se usan de ordinario al maquinar moldes de acero y/o material compuesto. Tales herramientas de maquinado emplean típicamente cortadores de control numérico (CN) recubiertos con carburo y diamante. Puede ser necesaria una cantidad mínima de pulido de las superficies de herramienta 31, 32, 33, 34 y 35 después del maquinado inicial para lograr las tolerancias superficiales deseadas. Se puede lograr tolerancias superficiales típicas del orden de $\pm 0,02$ cm (0,01 pulgada) o menos cuando el molde se hace usando el material semi-isotrópico según la presente invención. Preferiblemente, las tolerancias superficiales serán inferiores a $\pm 0,013$ cm (0,005 pulgada) e incluso más preferiblemente inferiores a $\pm 0,008$ cm (0,003 pulgada).

Como se representa en la figura 2, es posible una amplia variedad de superficies de maquinado. Por ejemplo, la superficie de herramienta maquinada 31 se extiende paralela a las capas de molde de modo que solamente se machine la capa de molde 24. La superficie de herramienta maquinada 32 representa una superficie maquinada donde se quita material de las capas de molde 22 y 24. La superficie de herramienta maquinada 33 es un ejemplo de una superficie compuesta donde se quita material de una sola capa de molde 22. La superficie de herramienta maquinada 34 representa una superficie maquinada que se extiende completamente a través de dos capas de molde 24 y 26. La superficie de herramienta maquinada 35 también representa los tipos de posibles superficies maquinadas que son posibles cuando el cuerpo de molde se hace de material cuasi-isotrópico según la presente invención. Se deberá indicar que, en el molde 30, las capas de molde 20, 22, 24 y 26 se deben hacer de material cuasi-isotrópico dado que se maquinan. Las capas 18 y 16 también son preferiblemente cuasi-isotrópicas. Sin embargo, estas dos capas (18 y 16) se pueden hacer de otros materiales compuestos compatibles, si se desea.

Se deberá indicar que las superficies de herramienta maquinadas están divididas en cinco secciones con diferentes números en la figura 2 a efectos de demostración con el fin de mostrar los varios tipos de superficies de herramienta simples que se pueden maquinar a las varias capas en el cuerpo de molde 11. Estas cinco secciones también se pueden considerar como una sola superficie de herramienta compleja que se extiende a una profundidad de cuatro capas de molde al cuerpo de molde. El material cuasi-isotrópico usado para formar los cuerpos de molde según la presente invención permite hacer tales superficies de utillaje maquinadas complejas que se extienden a través de múltiples capas de molde y tienen tolerancias superficiales del orden de las obtenidas con moldes de metal.

Como otra característica de la presente invención, el cuerpo de molde puede ser modificado o reacondicionado añadiendo capas de molde adicionales a la superficie del cuerpo de molde y maquinando posteriormente las capas de molde añadidas, si se desea. Se representa un molde modificado ejemplar en 40 en la figura 3. El molde modificado 40 es el mismo que el molde 10 a excepción de que se ha añadido tres capas de molde adicionales 42, 44 y 46 a la parte superior del cuerpo de molde. Las líneas de transparencia en la figura 3 muestran la forma de las capas de molde adicionales antes del maquinado para formar las superficies de herramienta modificadas 48, 50 y 52. Las capas de molde adicionales 42, 44 y 46 se añaden preferiblemente a la capa de molde subyacente 26 como material cuasi-isotrópico preimpregnado (prepreg). También se puede usar, si se desea, un agente de unión. Los adhesivos de bismaleimida son agentes de unión ejemplares.

Se puede usar un molde maestro para formar las tres capas de molde adicionales sin maquinado posterior. Sin embargo, como se representa en la figura 3, también es posible maquinar las capas de molde añadidas para proporcionar una superficie de herramienta modificada o reacondicionada. Los materiales cuasi-isotrópicos usados para modificar los moldes compuestos se seleccionan preferiblemente de los mismos materiales cuasi-isotrópicos que se usan para hacer el cuerpo de molde subyacente. Los procedimientos usados para aplicar y curar las capas adicionales de material cuasi-isotrópico son los mismos que los usados en la formación del cuerpo de molde original.

A continuación se exponen ejemplos de puesta en práctica:

Se preparó un molde usando 11 capas de material de prepeg cuasi-isotrópico de HexMC®/C/M61 BMI/carbono. Las 11 capas se colocaron a mano sobre un molde maestro de epoxi ejerciendo presión con la mano y una pistola de calor para asegurar que el material se conformase al molde.

Una vez colocadas, las 11 capas de HexMC® M61 se curaron a 191°C (375°F) durante 240 minutos en autoclave a 689,47 kPa (100 psi) para obtener el cuerpo de molde curado. En la figura 4A se representa en 50 una sección ejemplar del molde antes de cualquier maquinado. El grosor (t) del molde era del rango de 2,53 cm a 1,54 cm (0,999 pulgada a 0,607 pulgada). La superficie representada en 52 era la parte del molde 50 que se colocó contra el molde maestro. El área superficial de la sección representada en 52 es aproximadamente 10 pies cuadrados.

La superficie de molde 52 se maquinó usando un cortador de bola estándar de carburo PVD TiAIN a una profundidad de corte basto de aproximadamente 0,63 cm (1/4 pulgada) usando una velocidad de husillo de 2.000 rpm y una tasa de alimentación de 152,4 cm (60 pulgadas) por minuto. La superficie de corte basto se maquinó después a acabado a una velocidad de husillo de 3.000 rpm, una profundidad de corte de aproximadamente 0,025cm (0,010 pulgada) y una tasa de alimentación de 177,8 cm (70 pulgadas) por minuto obteniendo un molde acabado 54 con una superficie de molde o herramienta acabada 56 (véase la figura 4B). Al formar el molde acabado 54, la superficie de molde 52 se cortó basta y luego se maquinó para proporcionar un grosor de molde uniforme que era aproximadamente 0,25 cm (0,10 pulgada) menos que el grosor mínimo del molde original 50. El molde acabado resultante 54 tenía grosores del rango de 1,260 cm a 1,316 cm (0,496 pulgada a 0,518 pulgada). La desviación de contorno de la superficie maquinada de molde 56 era inferior a ± 0,008 cm (0,003 pulgada).

El molde acabado 54 se sometió a 114 ciclos de curado (moldeo) en autoclave a 413,68 kPa/177°C (60 psi/350°F) durante un período de aproximadamente 855 horas (aproximadamente 7,5 horas por ciclo) sin degradación del perfil superficial, durabilidad superficial o integridad en vacío del molde. El molde acabado deberá proporcionar hasta 500 ciclos de autoclave a 204°C (400°F) (ciclos de autoclave de 10 horas o menos) o 100 ciclos de autoclave a 232°C (450°F) (ciclos de autoclave de 10 horas o menos).

En ejemplos adicionales, moldes que tienen de 11 a 22 capas de Hexmc®/C/M61 se colocan y curan como se expone anteriormente para proporcionar moldes sin vacíos que tienen de 2,03 a 3,17 cm (0,80 a 1,25 pulgada) de grosor. Estos moldes pueden ser maquinados como se ha descrito anteriormente para proporcionar una amplia variedad de formas de molde que son adecuadas como una alternativa a los moldes de aleación de acero que ahora se usan para moldear piezas compuestas.

Los ciclos de moldeo de entre 7 y 10 horas para el molde acabado 54 son menos que los ciclos de moldeo típicos para los moldes de aleación de acero, tal como INVAR36. Estos tiempos de ciclo reducidos se logran según la presente invención, al mismo tiempo que se obtienen inesperadamente unas características de maquinado, tolerancias de perfil superficial y durabilidad que típicamente solamente se han podido lograr en moldes de acero. Además, los moldes compuestos de la presente invención son aproximadamente 5 veces más ligeros que los

moldes similares de aleación de acero y más fáciles de maquinar.

REIVINDICACIONES

1. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta donde dicha estructura compuesta tiene una superficie moldeada, incluyendo dicho molde:
- 5 un cuerpo de molde (11) incluyendo una superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) que está conformada para proporcionar dicha superficie moldeada de dicha estructura compuesta, incluyendo dicho cuerpo de molde (11) al menos una capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46), incluyendo dicha capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) una superficie que forma al menos una parte de dicha superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52); **caracterizado** porque dicha capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) incluye un material cuasi-isotrópico incluyendo una pluralidad de astillas orientadas aleatoriamente, incluyendo dichas astillas fibras unidireccionales y una resina.
- 10 2. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 1, donde dicha resina incluye resina de bismaleimida y dichas fibras incluyen fibras de carbono.
- 15 3. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 1 o 2, donde dichas astillas son de 1,27 a 10,16 cm (1/2 a 4 pulgadas) de largo y de 0,32 a 2,54 cm (1/8 a 1 pulgada) de ancho.
- 20 4. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 1, donde se usan al menos dos capas de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) para formar dicho cuerpo de molde (11).
- 25 5. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 4, donde dicha superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) se extiende a través de al menos una porción de dos capas de molde adyacentes.
- 30 6. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 1, donde al menos una porción de dicha superficie de herramienta (31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) se forma maquinando al menos una porción de la superficie de dicha capa de molde (20, 22, 24, 26, 42, 44, 46).
- 35 7. Un molde (10, 30, 40, 50, 54) para ser usado al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 5, donde al menos una porción de dichas dos capas de molde adyacentes (20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) se maquina para proporcionar dicha superficie de herramienta (31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) que se extiende a través de al menos una porción de cada una de dichas capas de molde adyacentes.
- 40 8. Un método para moldear una estructura compuesta que tiene una superficie moldeada, incluyendo dicho método los pasos de:
- 45 proporcionar un cuerpo de molde (10, 30, 40, 50, 54) incluyendo una superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) que está conformada para proporcionar dicha superficie moldeada de dicha estructura compuesta, incluyendo dicho cuerpo de molde (10, 30, 40, 50, 54) al menos una capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) con una superficie que forma al menos una parte de dicha superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52); incluyendo dicha capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) un material cuasi-isotrópico incluyendo una pluralidad de astillas orientadas aleatoriamente, incluyendo dichas astillas fibras unidireccionales y una resina, y
- 50 moldear una estructura compuesta que tiene dicha superficie moldeada usando dicho cuerpo de molde (10, 30, 40, 50, 54).
- 55 9. Un método para moldear una estructura compuesta según la reivindicación 8, donde dicha resina incluye resina de bismaleimida y dichas fibras incluyen fibras de carbono.
- 60 10. Un método para moldear una estructura compuesta según la reivindicación 8 o 9, donde dichas astillas son de 1,27 a 10,16 cm (1/2 a 4 pulgadas) de largo y de 0,32 a 2,54 cm (1/8 a 1 pulgada) de ancho.
- 65 11. Un método para moldear una estructura compuesta según la reivindicación 8, donde se usan al menos dos capas de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) para formar dicho cuerpo de molde.
12. Un método para moldear una estructura compuesta según la reivindicación 11, donde dicha superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) se extiende a través de al menos una porción de dos capas de molde adyacentes.
13. Un método para moldear una estructura compuesta según la reivindicación 8, donde al menos una porción de dicha superficie de herramienta (31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) se forma maquinando al menos una porción de la superficie de dicha capa de molde (20, 22, 24, 26, 42, 44, 46).
14. Un método para moldear una estructura compuesta según la reivindicación 12, donde al menos una porción de

dichas dos capas de molde adyacentes (20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) se maquinan para proporcionar dicha superficie de herramienta (31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) que se extiende a través de al menos una porción de cada una de dichas capas de molde adyacentes.

- 5 15. Un método para modificar un molde (10) que está adaptado para uso al hacer una estructura compuesta que tiene una superficie moldeada, incluyendo dicho método los pasos de:
- 10 proporcionar un cuerpo de molde (11) incluyendo una superficie de herramienta (12, 13) que está conformada para proporcionar dicha superficie moldeada de dicha estructura compuesta, incluyendo dicho cuerpo de molde (11) al menos una capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26) con una superficie que forma al menos una parte de dicha superficie de herramienta; incluyendo dicha capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26) un material cuasi-isotrópico incluyendo una pluralidad de astillas orientadas aleatoriamente, incluyendo dichas astillas fibras unidireccionales y una resina, y
- 15 modificar dicho molde (10) uniendo al menos una capa de molde adicional (42, 44, 46) a dicha superficie de herramienta (12), incluyendo dicha capa adicional (42, 44, 46) una superficie que forma una superficie de herramienta modificada (48, 50, 52).
- 20 16. Un método para modificar un molde según la reivindicación 15, que incluye el paso adicional de maquinar al menos una porción de dicha capa de molde adicional (42, 44, 46) para proporcionar dicha superficie de herramienta modificada (48, 50, 52).
- 25 17. Un método para modificar un molde según la reivindicación 15, donde al menos dos capas de molde adicionales (42, 44, 46) están unidas a dicha superficie de herramienta (12) y donde cada una de dichas dos capas de molde adicionales (42, 44, 46) incluye una superficie que forma una superficie de herramienta modificada (48, 50, 52).
- 30 18. Un método para modificar un molde según la reivindicación 17, que incluye el paso adicional de maquinar al menos una porción de dichas dos capas de molde adicionales (42, 44, 46) para proporcionar dicha superficie de herramienta modificada (48, 50, 52).
- 35 19. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta donde dicha estructura compuesta tiene una superficie moldeada, incluyendo dicho método los pasos de:
- 40 proporcionar un molde maestro (14) que tiene una superficie de formación de herramienta;
- 45 formar un cuerpo de molde no curado incluyendo una superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) que está conformada para proporcionar dicha superficie moldeada de dicha estructura compuesta, incluyendo dicho paso de formar dicho cuerpo de molde no curado aplicar al menos una capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) a al menos una porción de dicha superficie de formación de herramienta para formar al menos una
- 50 porción de dicha superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52), incluyendo dicha capa de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) un material cuasi-isotrópico incluyendo una pluralidad de astillas orientadas aleatoriamente, incluyendo dichas astillas fibras unidireccionales y una resina; y
- 55 curar dicha resina no curada para proporcionar dicho molde para uso al hacer dicha estructura compuesta.
20. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 19, donde dicha resina incluye resina de bismaleimida y dichas fibras incluyen fibras de carbono.
- 50 21. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 19 o 20, donde dichas astillas son de 1,27 a 10,16 cm (1/2 a 4 pulgadas) de largo y de 0,32 a 2,54 cm (1/8 a 1 pulgada) de ancho.
- 55 22. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 19, donde se usan al menos dos capas de molde (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) para formar dicho cuerpo de molde.
- 60 23. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 22, donde dichas capas de molde se aplican a dicha superficie de formación de herramienta de tal manera que dicha superficie de herramienta (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) se extienda a través de al menos una porción de dos capas de molde adyacentes (16, 18, 20, 22, 24, 26, 42, 44, 46).
- 65 24. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 19, que incluye el paso adicional de maquinar al menos una porción en la superficie de dicha capa de molde (20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) para proporcionar al menos una porción de dicha superficie de herramienta (31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52).

25. Un método para hacer un molde (10, 30, 40, 50, 54) para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 22, que incluye el paso adicional de maquinar al menos una porción de dichas dos capas de molde adyacentes (20, 22, 24, 26, 42, 44, 46) para proporcionar dicha superficie de herramienta (31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 52) que se extiende a través de al menos una porción de cada una de dichas capas de molde adyacentes.

5

26. Un método para hacer un molde para uso al hacer una estructura compuesta según la reivindicación 19, donde el paso de curado de la resina no curada se lleva a cabo en autoclave.

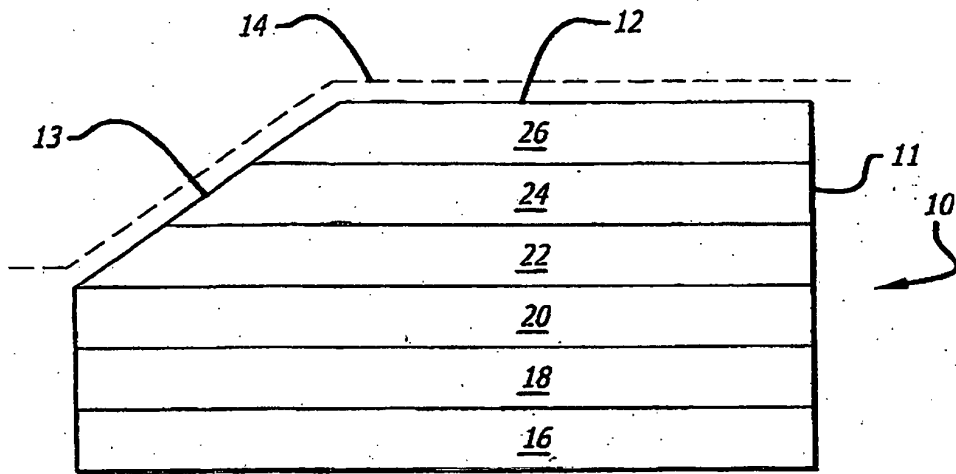


FIG. 1

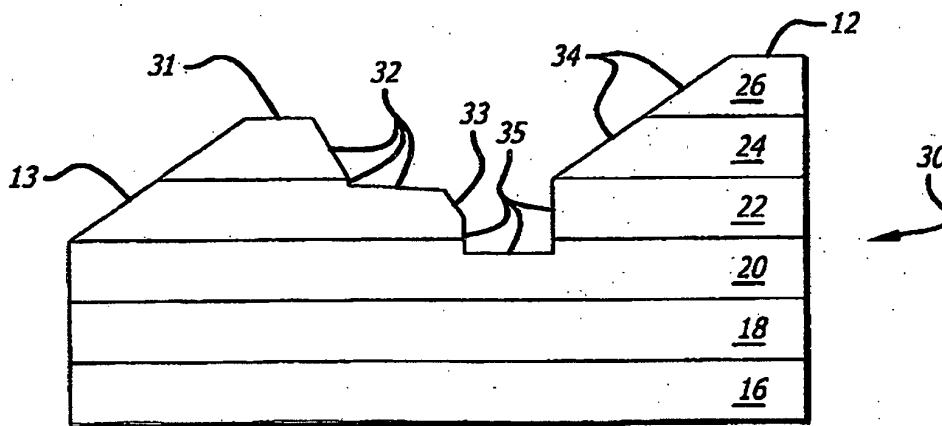


FIG. 2

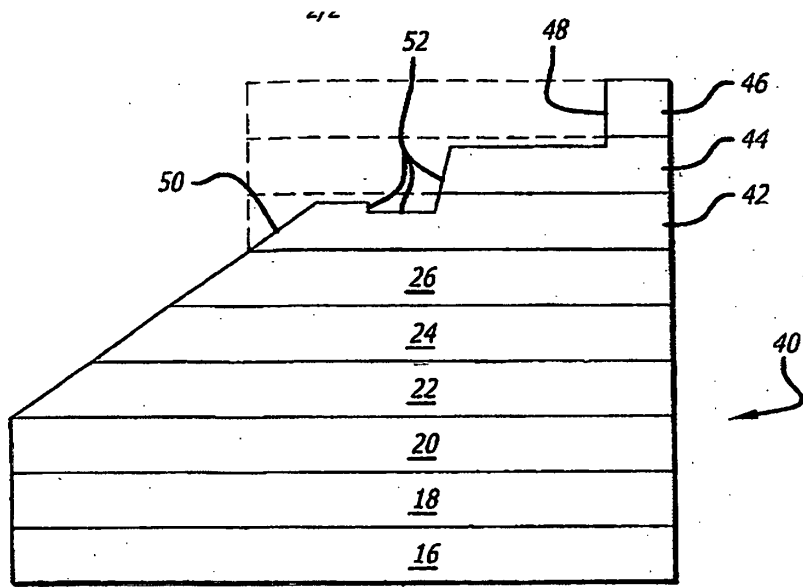


FIG. 3

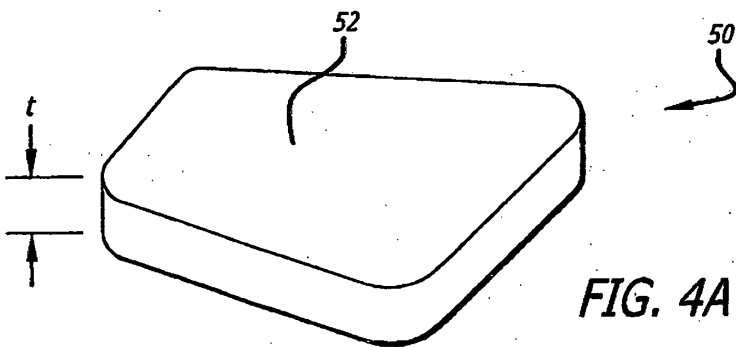


FIG. 4A

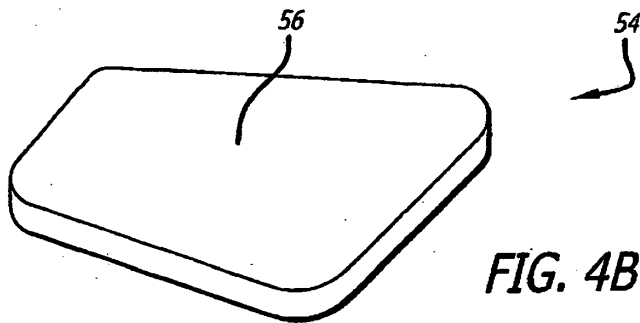


FIG. 4B