

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 515**

51 Int. Cl.:

B29B 17/02 (2006.01)

C08J 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2012** **E 12192179 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015** **EP 2591900**

54 Título: **Métodos y sistemas para el reciclaje de materiales laminados**

30 Prioridad:

14.11.2011 US 201113296228

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

12.05.2015

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**GEORGE, PANAGIOTIS EMANUEL;
HURLEY, KELSI y
CARTER, ERIKA**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 535 515 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

Métodos y sistemas para el reciclaje de materiales laminados

5 Antecedentes

Campo de la divulgación

10 La divulgación se refiere en general a métodos y sistemas para el reciclaje de materiales compuestos, y más particularmente, a métodos y sistemas para el reciclaje de materiales laminados compuestos en reciclados que mantienen una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que los materiales de laminado compuestos a partir de los cuales se reciclan.

15 Descripción de la técnica relacionada

Las estructuras compuestas se usan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo en la fabricación de aeronaves, naves espaciales, helicópteros, motos acuáticas, artículos deportivos, componentes de turbinas eólicas, automóviles, camiones y otros vehículos y estructuras. En particular, las estructuras compuestas pueden estar hechas de materiales laminados compuestos de múltiples capas que tienen un refuerzo alineado de fracción volumétrica de la fibra elevada, por ejemplo, fibras de carbono en una matriz de resina curada, que proporcionan fuerza y soporte estructural durante la vida de las estructuras compuestas.

20 Tales estructuras compuestas que llegan al final de su vida se envían normalmente a vertederos o incineradoras de residuos. Los residuos de materiales compuestos, tales como chatarra, recortes y similares, creados durante el proceso de fabricación de dichas estructuras compuestas también están dispuestas de la misma manera. Se ha desarrollado una mayor conciencia y necesidad del reciclaje de dichas estructuras compuestas al final de su vida y de los residuos de fabricación o chatarras. Sin embargo, el reciclaje de materiales laminados compuestos, que por lo general consiste en la extracción de la resina de matriz para obtener la fibra de refuerzo, puede ser un reto debido a la naturaleza íntima de los materiales componentes diferentes y al estado donde los procesos conocidos dejan los materiales laminados después de la recuperación.

25 Los procesos conocidos para el reciclaje de materiales laminados y compuestos diferentes utilizan típicamente trituración mecánica y / o pirólisis para la recuperación de energía y / o seleccionar los componentes de mayor valor, tales como fibras de carbono. Sin embargo, los productos de tales procesos conocidos pueden estar limitados en su valor debido a problemas de pureza y / o a la forma de la reciclado. Por otra parte, puede ser necesario trabajo manual para la macroseparación y clasificación de tales materiales laminados diferentes, lo que puede incrementar los gastos.

40 Además, los procesos conocidos para el reciclaje de compuestos laminados de fibra continua pueden eliminar la matriz de resina y el resultado en materiales de fibra o filamento aleatorios que sólo son adecuados para aplicaciones de bajo volumen de fibra y valor bajo. Las fibras recuperadas orientadas al azar pueden ser indeseables y pueden ser de un valor reducido en comparación con las fibras orientadas de alta densidad y de elevado empaquetamiento utilizadas en los materiales compuestos laminados de la que se reciclaron. Los procedimientos conocidos para reorientar fibras orientadas al azar recuperadas en formas de fracción volumétrica elevada alineadas puede agregar mayor costes para la fabricación del producto reciclado.

45 De acuerdo con lo anterior, existe una necesidad en la técnica de mejores sistemas y métodos para reciclar materiales laminados compuestos para la recuperación de fibras y resinas valiosas que proporcionan ventajas sobre los sistemas y métodos conocidos.

50 Sumario

Esta necesidad de sistemas y métodos mejorados para el reciclaje de materiales laminados compuestos para la recuperación de fibras y resinas valiosas se satisface. Como se discute en la siguiente descripción detallada, las realizaciones de los sistemas y métodos mejorados pueden proporcionar ventajas significativas sobre los sistemas y métodos conocidos.

60 En un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado. El método comprende proporcionar un material laminado compuesto curado que comprende una matriz de resina, donde el volumen de la fibra en el material laminado compuesto curado viene dado por una fracción de volumen de la fibra y donde la pluralidad de las fibras se alinean a nivel de la lámina. El método comprende además preacondicionar el material laminado compuesto curado por inmersión en uno o más disolventes líquidos para que el material laminado compuesto curado absorba sustancialmente el uno o más disolventes líquidos. El método comprende además la eliminación de cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material

laminado compuesto curado. El método comprende además precalentar el material laminado compuesto curado absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición del disolvente más bajo de los uno o más disolventes líquidos. El método comprende además calentar rápidamente el material laminado compuesto curado precalentado absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por encima del punto de ebullición del disolvente más alto de los uno o más disolventes líquidos, para efectuar un cambio de fase de líquido a gas de los uno o más disolventes líquidos a fin de deslaminar el material compuesto laminado curado, obteniéndose de este modo un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la pluralidad de fibras a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado.

También se describe un método para el reciclaje de residuos de laminado compuesto curado en reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que los residuos del laminado compuesto curado. El método comprende proporcionar residuos del laminado compuesto curado que comprenden una matriz de resina y una pluralidad de fibras que tienen una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina. El método comprende además la reducción del tamaño de los residuos de laminado compuesto curado a través de un proceso de reducción del tamaño para obtener escamas de laminado compuesto curado. El método comprende además la separación de la contaminación y la clasificación de las escamas de laminado compuesto curado. El método comprende además preacondicionar las escamas de laminado compuesto curado por inmersión en uno o más disolventes líquidos para que las escamas de laminado compuesto curado absorban sustancialmente el uno o más disolventes líquidos. El método comprende además la eliminación de cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por las escamas de laminado compuesto curado. El método comprende además precalentar las escamas de laminado compuesto curado absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición de un disolvente más bajo de los uno o más disolventes líquidos. El método comprende además calentar rápidamente las escamas de laminado compuesto curado precalentadas absorbidas sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por encima del punto de ebullición de un disolvente más alto del uno o más disolventes líquidos, para efectuar un cambio de fase de líquido a gas del uno o más disolventes líquidos con el fin de deslaminar las escamas de laminado compuesto curado. El método comprende además obtener reciclado deslaminado que mantienen una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente iguales que los residuos de laminado compuesto curado. El método puede además comprender la separación de la contaminación y la clasificación del reciclado deslaminado en reciclado deslaminado con una matriz de resina intacta y reciclado deslaminado sin una matriz de resina intacta o usando el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta como alimento directo para un compuesto de moldeado. El método puede además comprender adicionalmente procesar el reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta que puede incluir las etapas de retirar la matriz de la resina del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta, aplicar un material aglutinante a la pluralidad de fibras del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta para mantener la pluralidad de fibras intactas y usar el reciclado deslaminado con el material aglutinante como alimento para el compuesto de moldeado. El método puede además comprender adicionalmente el uso de uno o más disolventes líquidos seleccionados de un grupo que comprende agua, alcohol bencílico, acetona, metiletilcetona (MEK), ácido clorhídrico y una combinación de uno o más de los mismos.

En un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado. El sistema comprende proporcionar un material laminado compuesto curado que comprende una matriz de resina y una pluralidad de fibras, donde el volumen de la fibra en el material laminado compuesto curado viene dado por una fracción de volumen de la fibra y donde la pluralidad de las fibras se alinean a nivel de la lámina. El sistema comprende además aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento que contiene uno o más disolventes líquidos para empapar el material laminado compuesto curado de modo que el material laminado compuesto curado absorba sustancialmente el uno o más disolventes líquidos. El sistema comprende adicionalmente un aparato para la retirada de disolvente líquido para la eliminación de cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material laminado compuesto curado. El sistema comprende adicionalmente un aparato de energía de precalentamiento para precalentar el material laminado compuesto curado absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición del disolvente más bajo de los uno o más disolventes líquidos. El sistema comprende adicionalmente un aparato de deslaminado de cambio de fase para calentar rápidamente el material laminado compuesto curado precalentado hasta una temperatura por encima del punto de ebullición del disolvente más alto de los uno o más disolventes líquidos, para efectuar un cambio de fase de líquido a gas de los uno o más disolventes líquidos a fin de deslaminar el material compuesto laminado curado para obtener un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la pluralidad de fibras a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado. El sistema puede comprender adicionalmente un aparato para reducción del tamaño.

También se describe un método para el reciclaje de un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado. El método comprende proporcionar un material laminado compuesto curado que comprenden una matriz de resina y una pluralidad de fibras que tienen una fracción

de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina. El método comprende adicionalmente calentar térmicamente el material laminado compuesto curado para deslaminar el material laminado compuesto curado. El método comprende adicionalmente obtener un reciclado deslaminado que comprende fibras con un alquitrán de matriz de resina, manteniendo el reciclado deslaminado una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado. El método puede comprender adicionalmente procesar el reciclado deslaminado añadiendo una nueva matriz de resina al reciclado deslaminado o añadiendo un material aglutinante al reciclado deslaminado. El método puede comprender adicionalmente preacondicionar el material laminado compuesto curado empapando en uno o más disolventes líquidos para que el material laminado compuesto curado absorba sustancialmente el uno o más disolventes líquidos, eliminando cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material laminado compuesto curado y precalentar el material laminado compuesto curado sustancialmente absorbido por el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición de disolvente más bajo del uno o más disolventes líquidos. El método puede también adicionalmente usar un proceso de pirólisis controlado para deslaminar el material laminado compuesto curado y pirolizar la matriz de resina entre una pluralidad de capas de lámina del material laminado compuesto curado, dejando la lámina individual que tiene la pluralidad de fibras con un alquitrán de matriz de resina.

También se describe un sistema para el reciclaje de un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado. El sistema comprende un material laminado compuesto curado que comprenden una matriz de resina y una pluralidad de fibras que tienen una fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina. El sistema comprende adicionalmente un aparato de deslaminado para calentar térmicamente el material laminado compuesto curado en una atmósfera de nitrógeno para deslaminar el material laminado compuesto curado para obtener un reciclado deslaminado que comprende fibras con un alquitrán de matriz de resina, manteniendo el reciclado deslaminado un a fracción de volumen de fibra y una alineación de la fibra a nivel de la lámina sustancialmente iguales que el material laminado compuesto curado. El sistema puede comprender adicionalmente un aparato para aplicación de la nueva matriz de resina para añadir una nueva matriz de resina al reciclado deslaminado o que comprende adicionalmente un aparato para aplicar aglutinante para añadir un material aglutinante al reciclado deslaminado. El sistema puede todavía comprender adicionalmente un aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento que contiene uno o más disolventes líquidos para empapar el material laminado compuesto curado para que el material laminado compuesto curado absorba sustancialmente el uno o más disolventes líquidos, un aparato para la eliminación del disolvente líquido para eliminar cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material laminado compuesto curado y un aparato de energía para precalentamiento para precalentar el material laminado compuesto curado hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición del disolvente más bajo del uno o más disolventes líquidos. El sistema puede comprender adicionalmente un aparato para reducción del tamaño.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden conseguir independientemente en varias formas de realización o se pueden combinar en otras formas de realización más, detalles adicionales de las cuales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de las figuras

La divulgación se puede entender mejor con referencia a la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos que ilustran realizaciones preferidas y de ejemplo, pero que no están necesariamente dibujados a escala, en los que:

La FIG. 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una aeronave a modo de ejemplo para la cual las partes componentes de material laminado compuesto curado pueden reciclarse al final de la vida de la aeronave usando una de las formas de realización de los sistemas y métodos de reciclaje divulgados en el presente documento;

La FIG. 2A es una ilustración de una vista en perspectiva de un material laminado compuesto curado que tiene una orientación de fibras alineadas continuas que permite una eficiencia de empaquetado del volumen de fibra alto;

La FIG. 2B es una ilustración de una vista en perspectiva de un material laminado compuesto curado que tiene una orientación de fibras alineadas discontinuas que permite una eficiencia de empaquetado del volumen de fibra alto;

La FIG. 2C es una ilustración de una vista en perspectiva de un material laminado compuesto curado que tiene una orientación al azar de fibras discontinuas, lo que impide una eficiencia de empaquetado del volumen de fibra alto;

La FIG. 3A es una ilustración de un diagrama de bloque de una de las realizaciones de un sistema para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación.

La FIG. 3B es una ilustración de otro diagrama de bloque de una de las realizaciones de un sistema para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación.

La FIG. 4A es una ilustración de otro diagrama de bloque de una de las realizaciones de un sistema para reciclar

un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación.

La FIG. 4B es una ilustración de otro diagrama de bloque de una de las realizaciones de un sistema para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación.

La FIG. 5 es una ilustración de un diagrama de bloque de una de las realizaciones de un método para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación.

La FIG. 6 es una ilustración de otro diagrama de bloque de una de las realizaciones de un método para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación.

La FIG. 7 es una ilustración de un diagrama de bloque de realizaciones de ejemplo de procesos de reducción del tamaño y aparatos de reducción del tamaño que se pueden usar en realizaciones de los métodos y sistemas divulgados de la divulgación.

La FIG. 8 es una ilustración de un diagrama de bloque de realizaciones de ejemplo de procesos de energía de precalentamiento, energías de precalentamiento y aparatos de energía de precalentamiento que se pueden usar en realizaciones de los métodos y sistemas divulgados de la divulgación;

La FIG. 9 es una ilustración de un diagrama de bloque de realizaciones de ejemplo del proceso de deslaminado de cambio de fase y aparato de deslaminado de cambio de fase que se pueden usar en realizaciones de los métodos y sistemas divulgados de la divulgación;

La FIG. 10 es una ilustración de un diagrama de bloque de realizaciones de ejemplo de procesos de separación y clasificación de contaminación y aparatos para separación y clasificación de contaminación que se pueden usar en realizaciones de los métodos y sistemas divulgados de la divulgación;

La FIG. 11 es una ilustración de un diagrama de bloque que compara propiedades mecánicas del material laminado compuesto curado y reciclado deslaminado reciclado con realizaciones de los métodos y sistemas divulgados de la divulgación;

La FIG. 12 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método de la divulgación;

Las FIGS. 13A-13B son ilustraciones de un diagrama de flujo de otra realización de ejemplo de un método de la divulgación;

La FIG. 14 es una ilustración de un diagrama esquemático de un resumen de las etapas de realizaciones de ejemplo de métodos y sistemas de la divulgación;

La FIG. 15 es una ilustración de otro diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un método de la divulgación;

La FIG. 16 es una ilustración de otro diagrama de bloque de una de las realizaciones de un sistema para reciclar un material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado de la divulgación; y

Las FIGS. 17A-17B muestran fotografías de micrografías de secciones transversales de un laminado compuesto curado que incorpora escapas de láminas recicladas deslaminadas.

Descripción detallada

A continuación en el presente documento se describirán más completamente las realizaciones divulgadas con referencia a los dibujos adjuntos en los que se muestran algunas, aunque no todas, realizaciones divulgadas. De hecho, se pueden proporcionar varias realizaciones diferentes y no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones expuestas en el presente documento. En su lugar, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación sea minuciosa y completa, y transmita completamente el alcance de la divulgación a los expertos en la técnica.

A continuación, haciendo referencia a las figuras, la FIG. 1 es una ilustración de una vista en perspectiva d una aeronave de ejemplo 10 que comprende un fuselaje 12, una nariz 14, una cabina 16, alas 18 acopladas operativamente al fuselaje 12, una o más unidades de propulsión 20, un estabilizador vertical de cola 22, y uno o más estabilizadores horizontales de la cola 24. Dicha aeronave 10 conocida puede tener piezas de material compuesto, por ejemplo, el fuselaje 12 y las alas 18, que puede comprender material laminado compuesto curado 30 (véanse las FIGS. 3-4). Cuando la aeronave 10 alcanza el fin de vida, se contempla que el material laminado compuesto curado 30 (véanse las FIGS. 3-4) de la aeronave 10, tal como residuos del laminado compuesto curado 40 (véanse las FIGS. 3-4), se puede reciclar usando una de las realizaciones de un sistema de reciclaje 50 (véase la FIG. 3A), un sistema de reciclaje 51 (véase la FIG. 3B), un sistema de reciclaje 200 (véase la FIG. 4A), un sistema de reciclaje 201 (véase la FIG. 4B), o un sistema de reciclaje 600 (véase la FIG. 16), o un método 270 (véase la FIG. 5), un método 280 (véase la FIG. 6), un método 300 (véase la FIG. 12), un método 400 (véanse las FIGS. 13A-13B), o un método 500 (véase la FIG. 15), divulgado en el presente documento para reciclar el material laminado compuesto curado en un reciclado deslaminado 52 (véanse las FIGS. 3A-6) que mantiene una fracción de volumen de fibras 54a y una alineación de fibra a nivel de la lámina 55a (véanse las FIGS. 3A-6) que son sustancialmente iguales a una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de fibra a nivel de la lámina 55 (véanse las FIGS. 3A-6) de una pluralidad de fibras 32 del material laminado compuesto curado 30 que se ha reciclado.

Para los fines de esta aplicación, "fracción de volumen de fibra" significa el volumen de fibra en un material compuesto curado. El volumen de fibra de un material compuesto se puede determinar mediante digestión de matriz química, donde la matriz de resina se disuelve y las fibras se pesan y se calculan a partir de los pesos y las densidades de sustituyentes o se puede usar una técnica fotomicrográfica donde se cuenta el número de fibras en un área dada de una sección transversal pulida y la fracción de volumen se determina como la fracción de área de

cada constituyente.

Para los fines de esta aplicación, "alineación de la fibra a nivel de lámina" significa las fibras alineadas al nivel de la lámina. Por ejemplo, la escala de tamaño para la homogeneidad incluye la escala más pequeña llamada nivel de micromecánica que toma las fibras individuales y la matriz de resina separada entre las fibras como la escala de tamaño para la homogeneidad. La siguiente escala intermedia es las fibras alineadas al nivel de la lámina, que es mucho mayor que el tamaño de las fibras individuales. La siguiente escala más grande es el nivel de laminado, que es una escala mucho mayor que el nivel de lámina e implica el apilamiento de varias láminas en varias direcciones. Preferentemente, la escala intermedia a nivel de lámina tiene un equilibrio adecuado entre el detalle de la escala pequeña y la inclusión de la escala grande de todos los posibles mecanismos de fallo que podría ser operativa.

Aunque la aeronave10 mostrada en la FIG. 1 es generalmente representativa de una aeronave comercial de pasajeros, los sistemas de reciclaje 50, 51, 200, 201, 600 y métodos 270, 280, 300, 400, y 500 divulgados en este documento también pueden usarse para reciclar otros tipos de aeronaves al final de la vida, así como naves espaciales, helicópteros, coches, motos acuáticas, artículos deportivos, componentes de turbinas eólicas u otras estructuras o componentes que tienen material laminado compuesto curado que pueden reciclarse. Por otra parte, las enseñanzas de las realizaciones divulgadas pueden aplicarse para reciclar materiales laminados, tales como materiales laminados compuestos curados, utilizados en la fabricación y producción de aeronaves, naves espaciales, helicópteros, coches, motos acuáticas, artículos deportivos, componentes de turbinas eólicas u otras estructuras o componentes que tienen dichos materiales laminados que se pueden reciclar. Los residuos de fabricación generados en la producción de materiales laminados, tales como materiales laminados compuestos curados, pueden comprender residuos, recortes, astillas, restos de corte, herramientas, materiales no utilizados, componentes residuales, componentes caducados u otros desechos de fabricación adecuados.

La FIG. 2A es una ilustración de una vista en perspectiva de un material laminado compuesto curado 30a que tiene refuerzo de fibra proporcionado por una pluralidad de fibras 32a. El material estratificado 30a comprende preferentemente dos o más capas o chapas de lámina 33. Las fibras 32a tienen una orientación de la fibra alineada continua 34 que permite una alta eficiencia de empaquetado del volumen de la fibra. Los sistemas y métodos de reciclaje divulgados en el presente documento están dirigidos preferentemente al reciclaje de material laminado compuesto curado 30 que tiene una fracción de volumen de fibra de 54 (véanse las FIGS. 3-6) y una alineación de la fibra a nivel de lámina (véanse la FIG. 2A y las FIGS. 3-6) en forma de una orientación de fibras alineadas continuas 34, en un reciclado deslaminado 52 que mantiene o conserva la fracción de volumen de fibra 54 (véanse las FIGS. 3-6) y la alineación de la fibra a nivel de lámina (véanse la FIG. 2A y las FIGS. 3-6) en forma de la orientación de la fibra alineada continua 34. La FIG. 2B es una ilustración de una vista en perspectiva de un material laminado compuesto curado 30b que tiene un refuerzo de fibra proporcionado por una pluralidad de fibras 32b. Las fibras 32b tienen una orientación de las fibras alineadas discontinua 36 que también permite una alta eficiencia de fibra de empaquetado del volumen de fibras. La FIG. 2C es una ilustración de una vista en perspectiva de un material laminado compuesto curado 30c que tiene un refuerzo de fibra proporcionado por una pluralidad de fibras 32c. Las fibras 32c no están alineadas y tienen una orientación de la fibra aleatoria discontinua 38 que impide una elevada eficiencia del empaquetamiento del volumen de la fibra.

En una de las realizaciones, se proporciona un sistema de reciclaje 50 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30 en un reciclado deslaminado 52 que mantiene una fracción de volumen de fibra 54a (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de las fibras a nivel de lámina 55a (véanse las FIGS. 3A-6) que son sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra 54 (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de la fibra a nivel de lámina (véanse la FIG. 2A y las FIGS. 3A-6) de una pluralidad de fibras 32 (véanse las FIGS. 3A-6) del material laminado compuesto curado 30. La FIG. 3A es una ilustración de un diagrama de bloque de una de las realizaciones del sistema de reciclaje 50 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30 en un reciclado deslaminado 52. Como se muestra en la FIG. 3, el sistema de reciclaje 50 comprende un material laminado compuesto curado 30 que comprende una matriz de resina 56 y una pluralidad de fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra de 54 (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de la fibra a nivel de lámina (véanse la FIG. 2A y las FIGS. 3A-6), preferentemente en la forma de la orientación de fibra alineada continua 34 (véase la FIG. 2A). El material laminado compuesto curado 30 puede comprender residuos fabricación, residuos del final de la vida, recortes, astillas, restos de cortes, herramientas, materiales no utilizados, componentes de restos, componentes caducados u otro material laminado compuesto curado adecuado para reciclar.

El material laminado compuesto curado 30 puede estar compuesto por fibra reforzada termoendurecible o compuesto termoplástico que tiene fibras de refuerzo en una matriz de resina. Las fibras de refuerzo pueden estar hechas de un material que comprende carbono, grafito, vidrio, boro, cerámica, aramidas, poliolefinas, polietilenos, polímeros, u otros materiales adecuados. La matriz de resina 56 puede estar hecha de un material de resina que comprende resinas termoplásticas tales como poliamidas, poliésteres, poliolefinas y polímeros fluorados; resinas termoestables tales como epóxidos, bismaelimides, poliimididas, bezoxazinas, ésteres de cianato, y poliésteres; resinas de polímero híbrido con propiedades tanto de resinas termoestables como de resinas termoplásticas; u otros materiales de resina adecuados.

Como se muestra en la FIG. 3A, el sistema de reciclaje 50 comprende además un aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58 que contiene uno o más disolventes líquidos 60 (véase la FIG. 5) para empapar a través de un proceso de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 61 (véase la FIG. 5) el material laminado compuesto curado 30, de forma que el material laminado compuesto curado 30 absorbe sustancialmente el uno o más disolventes líquidos 60. El uno o más disolventes líquidos 60 pueden comprender agua, alcohol bencílico, acetona, metiletilcetona (MEK), ácido clorhídrico, una combinación de uno o más de los mismos u otro disolvente líquido adecuado. El aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58 puede comprender un recipiente o vaso abierto o cerrado. Opcionalmente, el proceso de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 61 puede llevarse a cabo con calor 62 (véase la FIG. 5), presión 64 (véase la FIG. 5) o una combinación de calor 62 y presión 64.

Como se muestra en la FIG. 3A, el sistema de reciclaje 50 comprende además un aparato para eliminación de disolvente líquido 66 para eliminar a través de un proceso de eliminación de disolvente líquido 67 (véase la FIG. 5) cualquier cantidad en exceso del uno o más disolventes líquidos 60 no absorbida por el material laminado compuesto curado 30. El proceso de eliminación del disolvente líquido 67 puede comprender la evaporación por exposición al aire u otro proceso de evaporación adecuado.

Como se muestra en la FIG. 3A, el sistema de reciclaje 50 comprende además un aparato de energía de precalentamiento 68 para precalentar el material laminado compuesto curado 30 hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición de un disolvente más bajo de los uno o más disolventes líquidos 60. La FIG. 8 es una ilustración de un diagrama de bloques de realizaciones de ejemplo de los procesos de energía de precalentamiento 70, las energías de precalentamiento 72 y los aparatos de energía de precalentamiento 68 que pueden usarse en realizaciones de los métodos y sistemas divulgados. El proceso de energía de precalentamiento 70 puede comprender un proceso de energía térmica 74. El proceso de energía térmica 74 proporciona una energía térmica 76 a través de un aparato de energía térmica 78. El proceso de energía térmica 74 puede comprender un proceso de energía de conducción 80 que proporciona una energía de conducción 82 a través de un aparato de energía de conducción 84, tal como un horno de conducción 86. El proceso de energía térmica 74 puede comprender además un proceso de energía de convección 88 que proporciona una energía de convección 90 a través de un aparato de energía de convección 92, tal como un horno de convección 94. El proceso de energía térmica 74 puede comprender además un proceso de energía de infrarrojos 96 que proporciona una energía de infrarrojos 98 a través de un aparato de energía de infrarrojos 100, tal como un calentador de infrarrojos de cuarzo 102. El proceso de energía de precalentamiento 70 puede comprender además otro proceso de energía térmica adecuado 74 que proporcionan otra energía de precalentamiento 72 adecuada a través de otro aparato de energía de precalentamiento adecuado 68. El proceso de energía de precalentamiento 70 puede comprender además un proceso de energía de microondas 104 que proporciona una energía de microondas 106 a través de un aparato de energía de microondas 108, tal como un transmisor de microondas 110. El proceso de la energía de precalentamiento 70 puede comprender además otro proceso de energía de microondas 104 adecuado que proporciona otra energía de microondas adecuada 106 a través de otro aparato de energía de microondas adecuado 108. El proceso de energía de precalentamiento 70 puede comprender además un proceso de energía de inducción 112 que proporciona una energía de inducción 114 a través de un aparato de energía de inducción 116, tal como una bobina de calentamiento por inducción 118. El proceso de energía de precalentamiento 70 puede comprender además otro proceso de energía de inducción 112 adecuado que proporcione otra energía de inducción adecuado 114 a través de otro aparato de energía de inducción adecuado 116. El proceso de energía de precalentamiento 70 puede comprender además un proceso de energía acústica 120 que proporciona una energía acústica 122 a través de un aparato de energía acústica 124. El proceso de energía acústica 120 puede comprender un proceso de energía ultrasónica 126 que proporciona una energía ultrasónica 128 a través de un aparato de energía ultrasónica 130, tal como un transductor ultrasónico 132 o una sonda ultrasónica 134. Preferentemente, el proceso de energía de precalentamiento 70 se lleva a cabo en un ambiente de presión parcial 73 con una presión parcial alta con una energía de precalentamiento deseada 72, como se ha tratado anteriormente.

Como se muestra en la FIG. 3A, el sistema de reciclaje 50 comprende además un aparato de deslaminado de cambio de fase 136 para calentar rápidamente con una energía de calentamiento rápido 138 (véase la FIG. 5) a través de un proceso de deslaminado de cambio de fase 142 (véase la FIG. 5) el material laminado compuesto curado precalentado 30 sustancialmente hasta una temperatura por encima del punto de ebullición de un disolvente más alto de los uno o más disolventes líquidos 60, a fin de efectuar un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140 (véase la FIG. 5) de los uno o más disolventes líquidos 60 con el fin de deslaminar el material laminado compuesto curado 30 para obtener un reciclado deslaminado 52. Preferentemente, el reciclado deslaminado 52 mantiene una fracción de volumen de fibra 54a (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de las fibras a nivel de lámina 55a (véanse las FIGS. 3A-6) de la pluralidad de fibras 32 que son sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra 54 (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de la fibra a nivel de lámina (véanse la FIG. 2A y las FIGS. 3A-6) de la pluralidad de fibras 32 (véanse las FIGS. 3A-6) del material laminado compuesto curado 30.

La FIG. 9 es una ilustración de un diagrama de bloque de realizaciones de ejemplo del proceso de deslaminado de cambio de fase 142 y aparato de deslaminado de cambio de fase 136 que se pueden usar en realizaciones de los métodos y sistemas. Como se muestra en la FIG. 9, el proceso de deslaminado de cambio de fase 142 puede comprender una pluralidad de procesos de energía de calentamiento 144, energías de calentamiento rápido 138 y

aparatos de energía de calentamiento 146. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender un proceso de energía térmica 74. El proceso de energía térmica 74 proporciona una energía térmica 76 a través de un aparato de energía térmica 78. El proceso de energía térmica 74 puede comprender un proceso de energía de conducción 80 que proporciona una energía de conducción 82 a través de un aparato de energía de conducción 84, tal como un horno de conducción 86. El proceso de energía térmica 74 puede comprender además un proceso de energía de convección 88 que proporciona una energía de convección 90 a través de un aparato de energía de convección 92, tal como un horno de convección 94. El proceso de energía térmica 74 puede comprender además un proceso de energía de infrarrojos 96 que proporciona una energía de infrarrojos 98 a través de un aparato de energía de infrarrojos 100, tal como un calentador de infrarrojos de cuarzo 102. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender además otro proceso de energía térmica adecuado 74 que proporciona otra energía de calentamiento rápido 138 adecuada a través de otro aparato de energía de calentamiento adecuado 146. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender además un proceso de energía de microondas 104 que proporciona una energía de microondas 106 a través de un aparato de energía de microondas 108, tal como un transmisor de microondas 110. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender además otro proceso de energía de microondas 104 adecuado que proporciona otra energía de microondas adecuada 106 a través de otro aparato de energía de microondas adecuado 108. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender además un proceso de energía de inducción 112 que proporciona una energía de inducción 114 a través de un aparato de energía de inducción 116, tal como una bobina de calentamiento por inducción 118. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender además otro proceso de energía de inducción 112 adecuado que proporciona otra energía de inducción adecuada 114 a través de otro aparato de energía de inducción adecuado 116. El proceso de energía de calentamiento 144 puede comprender además un proceso de energía acústica 120 que proporciona una energía acústica 122 a través de un aparato de energía acústica 124. El proceso de energía acústica 120 puede comprender un proceso de energía ultrasónica 126 que proporciona una energía ultrasónica 128 a través de un aparato de energía ultrasónica 130, tal como un transductor ultrasónico 132 o una sonda ultrasónica 134.

La FIG. 3B es una ilustración de un diagrama de bloques de otra de las realizaciones de un sistema de reciclaje 51 para reciclar un material laminado compuesto curado 30 en un reciclado deslaminado 52. El sistema de reciclaje 51 mostrado en la FIG. 3B comprende los mismos elementos que el sistema de reciclaje 50 de la FIG. 3A y puede comprender además elementos adicionales. Como se muestra en la FIG. 3B, el sistema de reciclaje 51 comprende el material laminado compuesto curado 30 con la pluralidad de fibras 32 que tiene una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55. El material laminado compuesto curado 30 comprende además una matriz de resina 56. El sistema de reciclaje 51 comprende además el aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58, el aparato para eliminación de disolvente líquido 66, el aparato de energía de precalentamiento 68 y el aparato de la deslaminado de cambio de fase 136. El aparato de deslaminado de cambio de fase 136 se calienta rápidamente con una energía de calentamiento rápido 138 (véase la FIG. 5) a través de un proceso de deslaminado de cambio de fase 142 (véase la FIG. 5) el material laminado compuesto curado 30 sustancialmente hasta una temperatura por encima del punto de ebullición de un disolvente más alto del uno o más disolventes líquidos 60, a fin de efectuar un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140 (véase la FIG. 5) del uno o más disolventes líquidos 60 con el fin de deslaminar el material laminado compuesto curado 30 obtener un material reciclado deslaminado 52. Preferentemente, el reciclado deslaminado 52 mantiene una fracción de volumen de fibra 54a (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de las fibras a nivel de lámina 55a (véanse las FIGS. 3A-6) de la pluralidad de fibras 32 que son sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra 54 (véanse las FIGS. 3A-6) y una alineación de la fibra a nivel de lámina (véanse la FIG. 2A y las FIGS. 3A-6) de la pluralidad de fibras 32 (véanse las FIGS. 3A-6) del material laminado compuesto curado 30.

Como se muestra en la FIG. 3B, el sistema de reciclaje 51 puede comprender además un aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 para separar y clasificar la contaminación del reciclado deslaminado 52 en reciclado en reciclado deslaminado con una matriz de resina intacta 150 y el reciclado deslaminado sin una matriz de resina 152 intacta. La FIG. 10 es una ilustración de un diagrama de bloques de realizaciones de ejemplo de los procesos de separación y clasificación de la contaminación 154 y aparatos separación y clasificación de la contaminación 148 que pueden usarse en las realizaciones de los métodos y sistemas divulgados. Como se muestra en la FIG. 10, el proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, un proceso de flotación de recuperación de fibras 156 usando un aparato de flotación de recuperación de fibras 158. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, además un proceso de gradiente de densidad 160 utilizando un aparato de gradiente de densidad 162. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, además, un proceso de separación de corrientes de Foucault 164 utilizando un aparato separador de corriente de Foucault 166. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, además, un proceso de separación magnética 168 utilizando un aparato separador magnético 170. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, además, un proceso separador ciclónico 172 utilizando un aparato separador ciclónico 174. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, además, un proceso de

tamizado 176 utilizando un aparato de tamizado 178. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 y el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 pueden comprender, respectivamente, además, otro proceso de separación y clasificación de la contaminación adecuado 154 y otro aparato de separación y clasificación de la contaminación adecuado 148.

5 Como se muestra en la FIG. 3B, el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta 150 se puede utilizar como una alimentación directa 180 para un primer compuesto de moldeado 182. En una realización, como se muestra en la FIG. 14, la alimentación directa 180 puede comprender una sola lámina de material compuesto de fibra gruesa en escamas con una matriz de resina 268 intacta. Como alternativa, como se muestra en la FIG. 3B, el reciclado deslaminado sin la resina intacta 152 puede procesarse adicionalmente y el sistema de reciclaje 51 comprende además un aparato de eliminación de la matriz de resina 184 y un aparato de aplicación de aglutinante 186. El aparato de eliminación de matriz de resina 184 utiliza un proceso de eliminación de la matriz de resina 188 para la eliminación de la matriz de resina 56 del reciclado deslaminado sin la resina intacta 152. El proceso de eliminación de la matriz de resina 188 puede comprender procesos de pirólisis conocidos para eliminar la matriz de resina o puede comprender otro proceso de eliminación de la matriz de resina adecuado. El aparato para aplicación del aglutinante 186 usa preferentemente un proceso de aplicación de aglutinante 190 para aplicar un material aglutinante 194 a la pluralidad de fibras 32 con el fin de mantener las fibras 32 intactas. El reciclado deslaminado 52 con el material aglutinante 194 puede usarse después como alimentación 196 para un segundo compuesto de moldeado 198. En una realización, como se muestra en la FIG. 14, la alimentación 190 puede comprender una sola lámina de material compuesto de fibra gruesa en escamas.

FIG. La FIG. 4A es una ilustración de un diagrama de bloques de otra de las formas de realización de un sistema de reciclaje 200 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30, preferentemente en forma de residuos de laminado compuesto curado 40, en un reciclado deslaminado 52, preferentemente en la forma de escamas de laminado compuesto curado 250. En esta forma de realización, que es similar al sistema de reciclaje 50, el sistema de reciclaje 200 comprende además un aparato de reducción de tamaño 204 usado en un proceso de reducción de tamaño 202 (véase la FIG. 6). El proceso de reducción de tamaño 202 se lleva a cabo antes del proceso de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 61 (véase la FIG. 5) usado con el aparato de proceso de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58. La FIG. 7 es una ilustración de un diagrama de bloques de realizaciones de ejemplo de los procesos de reducción del tamaño 202 y los aparatos de reducción de tamaño 204 que pueden usarse en las realizaciones de los métodos y sistemas divulgados. Como se muestra en la FIG. 7, el proceso de reducción de tamaño 202 y el aparato de reducción de tamaño 204 puede comprender, respectivamente, un proceso de trituración 206 utilizando un aparato de trituración 208. El proceso de reducción de tamaño 204 y el aparato de reducción de tamaño 202 pueden comprender además, respectivamente, un proceso de fragmentación 210 utilizando un aparato de fragmentación 212. El proceso de reducción de tamaño 204 y el aparato de reducción de tamaño 202 pueden comprender además, respectivamente, un proceso de corte 214 utilizando un aparato de corte 216. El proceso de reducción de tamaño 204 y el aparato de reducción de tamaño 202 pueden comprender además, respectivamente, un proceso de molienda 218 utilizando un aparato de molienda 220. El proceso de reducción de tamaño 204 y el aparato de reducción de tamaño 202 pueden comprender además, respectivamente, un proceso de triturado 222 usando un aparato de triturado 224. El proceso de reducción de tamaño 204 y el aparato de reducción de tamaño 202 pueden comprender además, respectivamente, un proceso de cizalladura 226 usando un aparato de cizalladura 228. El proceso de reducción de tamaño 204 y el aparato de reducción de tamaño 202 pueden comprender además, respectivamente, otro proceso de reducción del tamaño adecuado 204 y otro aparato de reducción de tamaño adecuado 202.

Además, como se muestra en la FIG. 4A, en esta realización, el sistema de reciclaje 200 comprende, antes del proceso de inmersión para preacondicionamiento 61 (véase la FIG. 5) usado con el aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58, el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 para separar y clasificar la contaminación del material laminado compuesto curado 30 que se ha reducido en tamaño. El aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 y el proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 se muestran en la FIG. 10 y se ha tratado con detalle anteriormente.

Como se muestra en la FIG. 4A, el sistema de reciclaje 200 comprende el aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58, el aparato de eliminación de disolvente líquido 66, el aparato de energía de precalentamiento 68, el aparato de deslaminación de cambio de fase 136 y el reciclado deslaminado 52. El reciclado deslaminado 52 mantiene preferentemente una fracción de volumen de fibra 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a de la pluralidad de fibras 32 que son sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 (véanse las FIGS. 3A-6) del material laminado compuesto curado 30.

La FIG. 4B es una ilustración de un diagrama de bloques de otra de las realizaciones de un sistema de reciclaje 201 para reciclar un material laminado compuesto curado 30, preferentemente en forma de residuos de laminado compuesto curado 40 en un reciclado deslaminado 52, preferentemente en forma de escamas de laminado compuesto curado 250. El sistema de reciclaje 201 mostrado en la FIG. 4B comprende los mismos elementos que el sistema de reciclaje 200 de la FIG. 4A y puede comprender además elementos adicionales. Como se muestra en la FIG. 4B, el sistema de reciclaje 201 comprende el material laminado compuesto curado 30, preferentemente en

forma de residuos de laminado compuesto curado 40. Los residuos de laminado compuesto curado 40 comprenden la pluralidad de fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55. Los residuos de laminado compuesto curado 40 comprenden además una matriz de resina 56. El sistema de reciclaje 201 comprende, además, el aparato de reducción del tamaño 204, un aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 que se puede usar dos veces en esta forma de realización, el aparato de inmersión en disolvente para precondicionamiento 58, el aparato de eliminación del disolvente líquido 66, el aparato de energía de precalentamiento 68, y el aparato de deslaminación de cambio de fase 136. El aparato de deslaminación de cambio de fase 136 se calienta rápidamente con una energía de calentamiento rápido 138 (véase la FIG. 5) a través de un proceso de deslaminado de cambio de fase 142 (véase la FIG. 5) el material laminado compuesto curado precalentado 30 sustancialmente hasta una temperatura por encima del punto de ebullición de un disolvente más alto del uno o más disolventes líquidos 60, a fin de efectuar un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140 (véase la FIG. 5) del uno o más disolventes líquidos 60 con el fin de deslaminar el material laminado compuesto curado a 30 para obtener un reciclado deslaminado 52. Preferentemente, el reciclado deslaminado 52 está en forma de escamas de laminado compuesto curado 205 (véase la FIG. 4B). Las escamas de laminado compuesto curado 205 mantienen una fracción en volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a de la pluralidad de fibras 32, donde la fracción de volumen de fibra 54a y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55a son sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 del material laminado compuesto curado 30.

Como se muestra en la FIG. 4B, el sistema de reciclaje 201 comprende, además, el aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 que se utiliza con el reciclado deslaminado 52. Como se muestra en la FIG. 4B, el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta 150 se puede utilizar como alimentación directa 180 para un primer compuesto de moldeado 182. Como alternativa, el reciclado deslaminado sin la resina intacta 152 puede procesarse adicionalmente y puede comprender, además, el aparato de eliminación de la matriz de resina 184 y el aparato de aplicación de aglutinante 186. El aparato de eliminación de la matriz de resina 184 elimina la matriz de resina 56 desde el reciclado deslaminado sin la resina intacta 152. El aparato de aplicación de aglutinante 186 aplica el material aglutinante 194 a la pluralidad de fibras 32 para mantener las fibras 32 intactas. El reciclado deslaminado 52 con el material aglutinante 194 puede usarse después como alimentación 196 para el segundo compuesto de moldeado 198.

La FIG. 11 es una ilustración de un diagrama de bloque que compara las propiedades mecánicas 229a del material laminado compuesto curado 30 original no reciclado y las propiedades mecánicas 229b del reciclado deslaminado 52 reciclado con realizaciones de los métodos y sistemas divulgados. Preferentemente, el reciclado deslaminado 52 tiene una rigidez de las fibras 230b, una carga de volumen de fibra 232b y un coeficiente de expansión térmica 234b todo comparable a una rigidez de la fibra 230a, una carga del volumen de fibra 232a y un coeficiente de expansión térmica 234a del material laminado compuesto curado 30. Preferentemente, como se muestra en la FIG. 11, el reciclado deslaminado 52 tiene una rigidez de la fibra 230b, una carga de volumen de fibra 232b y un coeficiente de expansión térmica 234b todo comparable a una rigidez de la fibra 230a, una carga del volumen de fibra 232a y un coeficiente de expansión térmica 234a del material laminado compuesto curado 30.

En otra realización se proporciona un método de reciclaje 270. La FIG. 5 es una ilustración de un diagrama de bloques de una de las realizaciones del método de reciclaje 270 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30 en un reciclado deslaminado 52. La FIG. 5 muestra el material laminado compuesto curado 30 con las fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55, y el material laminado compuesto curado 30 comprende además una matriz de resina 56. El material laminado compuesto curado 30 se somete al proceso de inmersión en disolvente para precondicionamiento 61 con uno o más disolventes líquidos 60, calor opcional 62 y presión opcional 65. Después, el material laminado compuesto curado 30 se somete al proceso de eliminación de disolvente líquido 67. El material laminado compuesto curado 30 sufre después el proceso de energía de precalentamiento 68 con una energía de precalentamiento 70, como se ha tratado anteriormente y se muestra en la FIG. 8, y un ambiente de presión parcial 73. El material laminado compuesto curado 30 sufre después el proceso de deslaminado de cambio de fase 142 con una energía de calentamiento rápido 138, como se ha tratado anteriormente y se muestra en la FIG. 9, donde el uno o más disolventes líquidos 60 se someten a un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140. El reciclado deslaminado resultante 52 puede estar en forma de escamas laminadas compuestas curadas 250 que tienen fibras 32 con una fracción en volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a de la pluralidad de fibras 32, donde la fracción de volumen de fibra 54a y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55a son sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 del material laminado compuesto curado 30 que se ha reciclado. El reciclado deslaminado resultante 52 se somete después a los procesos de separación y clasificación de la contaminación 154, discutidos con detalle anteriormente, y mostrados en la FIG. 10.

Como se muestra en la FIG. 5, el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta 150 se puede utilizar como una alimentación directa 180 para el primer compuesto de moldeado 182. Como alternativa, el reciclado deslaminado sin la resina intacta 152 puede procesarse adicionalmente y el método de reciclaje 270 comprende además un proceso de eliminación de la matriz de resina 188 y un proceso de aplicación de aglutinante 190. El proceso de eliminación de la matriz de resina 188 elimina la matriz de resina 56 desde el reciclado deslaminado sin

la resina intacta 152. El proceso de eliminación de la matriz de resina 188 puede comprender procesos de pirólisis conocidos para eliminar la matriz de resina 56 o puede comprender otro proceso adecuado de eliminación de la matriz de resina. El proceso de aplicación de aglutinante 190 aplica un material aglutinante 194 a la pluralidad de fibras 32 para mantener las fibras 32 intactas. El reciclado deslaminado 52 con el material aglutinante 194 puede usarse después como alimentación 196 para el segundo compuesto de moldeado 198.

En otra realización se proporciona un método de reciclaje 280. La FIG. 6 es una ilustración de un diagrama de bloques de una de las realizaciones del método de reciclaje 280 para el reciclaje de residuos de laminado compuesto curado 40 en un reciclado deslaminado 52, preferentemente en forma de escamas del laminado curado 250. La FIG. 6 muestra los residuos de laminado compuesto curado 40 con las fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 y los residuos de laminado de material compuesto curado 40 que tiene además una matriz de resina 56. Los restos de laminado compuesto curado 40 se somete primero al proceso de reducción del tamaño 202, como se ha tratado con detalle anteriormente y mostrado en la FIG. 7. Los residuos de laminado compuesto curado 40 se someten después al proceso de separación y clasificación de la contaminación 154, como se ha discutido con detalle anteriormente y se muestra en la FIG. 10. Los residuos de laminado compuesto curado 40 se somete después al proceso de inmersión en disolvente para acondicionamiento 61 con uno o más disolventes líquidos 60, calor opcional 62, y presión opcional 5. Los residuos de laminado compuesto curado 40 se someten después al proceso de eliminación de disolvente líquido 67. Los residuos de laminado compuesto curado 40 se someten después al proceso de energía de precalentamiento 70 con una energía de precalentamiento 72, como se ha tratado anteriormente y mostrado en la FIG. 8, y en un ambiente de presión parcial 73. Los residuos de laminado compuesto curado 40 se someten después al proceso de deslaminado de cambio de fase 142 con energía de calentamiento rápido 138, como se ha tratado anteriormente y mostrado en la FIG. 9, donde el uno o más disolventes líquidos 60 se someten a un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140. El reciclado deslaminado resultante 52 puede estar preferentemente en forma de escamas de laminado compuesto curado 250 que tiene fibras 32 con una fracción en volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de las fibras 32 de los residuos de laminado compuesto curado 40 que se ha reciclado. El reciclado deslaminado resultante 52 se somete después a los procesos de separación y clasificación de la contaminación 154, discutidos con detalle anteriormente, y mostrados en la FIG. 10.

Como se muestra en la FIG. 6, el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta 150 se puede utilizar como una alimentación directa 180 para el primer compuesto de moldeado 182. Como alternativa, el reciclado deslaminado sin la resina intacta 152 puede procesarse adicionalmente y el método de reciclaje 280 puede comprender además un proceso de eliminación de la matriz de resina 188 y un proceso de aplicación de aglutinante 190. El proceso de eliminación de matriz de resina 188 elimina la matriz de resina 56 desde el reciclado deslaminado sin la resina intacta 152. El proceso de eliminación de la matriz de resina 188 puede comprender procesos de pirólisis conocidos para eliminar la matriz de resina 56 o puede comprender otro proceso adecuado de eliminación de la matriz de resina. El proceso de aplicación de aglutinante 190 aplica un material aglutinante 194 a la pluralidad de fibras 32 para mantener las fibras 32 intactas. El reciclado deslaminado 52 con el material aglutinante 194 puede usarse después como alimentación 196 para el segundo compuesto de moldeado 198.

En otra realización, se proporciona un método de reciclaje 300. La FIG. 12 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de ejemplo del método de reciclaje 300. Como se muestra en la FIG. 12, en una realización, se proporciona un método de reciclaje 300 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30 (véase la FIG. 5) en un reciclado deslaminado 52 (véase la FIG. 5) que mantiene una fracción en volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a sustancialmente iguales que una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de las fibras 32 del material laminado compuesto curado. El método de reciclaje 300 comprende la etapa 302 de proporcionar un material laminado compuesto curado 30 que comprende una matriz de resina 56 y una pluralidad de fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55. Preferentemente, el material laminado compuesto curado 30 es un laminado compuesto curado que comprende residuos de la fabricación, residuos al final de su vida, recortes, fastillas, restos de cortes, herramientas, material no utilizado, componentes residuales, componentes caducados u otro material laminado compuesto curado 30 adecuado a reciclar.

El método de reciclaje 300 comprende además la etapa 304 de acondicionamiento del material laminado compuesto curado 30 sumergiéndolo en uno o más disolventes líquidos 60 (véase la FIG. 5) de modo que el material laminado compuesto curado 30 absorbe sustancialmente el uno o más disolventes líquidos 60. El método de reciclaje 300 comprende además la etapa 306 de la eliminación de cualquier cantidad en exceso del uno o más disolventes líquidos 60 no absorbidos por el material laminado compuesto curado 30.

El método de reciclaje 300 comprende además la etapa 308 de precalentamiento del material laminado compuesto curado 30 absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos 60 a una temperatura por debajo del punto de ebullición de un disolvente más bajo del uno o más disolventes líquidos 60. La etapa de precalentamiento se lleva a cabo preferentemente en un ambiente a presión parcial 73 (véase la FIG. 5) que es preferentemente una presión parcial alta, con una energía de precalentamiento 72 (véase la FIG. 5) que comprende una energía térmica 76 (véase la FIG. 8) que comprende una energía de conducción 82 (véase la FIG. 8), una energía de convección 90

(véase la FIG. 8) o una energía de infrarrojos 98 (véase la FIG. 8); una energía de microondas 106 (véase la FIG. 8.); una energía de inducción 114 (véase la FIG. 8.); una energía acústica 122 (véase la FIG. 8) que comprende una energía ultrasónica 128 (véase la FIG. 8), u otra energía de precalentamiento adecuada.

5 El método de reciclaje 300 comprende además la etapa 310 de calentar rápidamente el material laminado compuesto curado precalentado 30 absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos 60 hasta una temperatura por encima del punto de ebullición del disolvente más alto del uno o más disolventes líquidos 60, con el fin de efectuar un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140 (véase la FIG. 5) del uno o más disolventes líquidos 60 con el fin de deslaminar el material laminado compuesto curado 30. El calentamiento rápido del material laminado compuesto curado precalentado se lleva a cabo con una energía de calentamiento 138 (véase la FIG. 9) que comprende una energía térmica 76 (véase la FIG. 9) que comprende una energía de conducción 82 (véase la FIG. 9), una energía de convección 90 (véase la FIG. 9.), o una energía de infrarrojos 98 (véase la FIG. 9.); una energía de microondas 106 (véase la FIG. 9.); una energía de inducción 114 (véase la FIG. 9.); una energía acústica 122 (véase la FIG. 9) que comprende una energía ultrasónica 128 (véase la FIG. 9), u otra energía de calentamiento adecuada. El método de reciclaje 300 comprende además la etapa 312 de la obtención de un reciclado deslaminado 52 (véase la FIG. 5) que mantiene una fracción DE volumen de fibras 54a y una alineación de fibras a nivel de lámina 55a de la pluralidad de fibras 32 que es sustancialmente igual que una fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 del material laminado compuesto curado 30.

20 El método de reciclaje 300 comprende además la etapa opcional 314 de separación y clasificación de la contaminación del reciclado deslaminado 52 en reciclado deslaminado con una matriz de resina intacta 150 (véase la FIG. 5) y reciclado deslaminado sin una matriz de resina intacta 152 (véase la FIG. 5). El método de reciclaje 300 comprende además la etapa opcional 316 de utilizar el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta 150 como una alimentación directa 180 (véase la FIG. 5) para un primer compuesto de moldeado 182 (véase la FIG. 5).

25 El método de reciclado 300 puede comprender además etapas opcionales adicionales. Por ejemplo, el método de reciclaje 300 puede comprender antes de la etapa de preacondicionamiento 304, la etapa de reducción del tamaño del material laminado compuesto curado 30 a través de un proceso de reducción de tamaño 202 (véase la FIG. 7), tal como un proceso de trituración 206, un proceso de fragmentación 210, un proceso de corte 214, un proceso de molienda 218, un proceso de triturado 222, un proceso de cizalladura 226 u otro proceso de reducción del tamaño adecuado. El método de reciclaje 300 puede comprender además antes de la etapa de preacondicionamiento 304, la etapa de separación y clasificación de la contaminación del material laminado compuesto curado 30 a través de un proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 (véase la FIG. 10), tal como un proceso de flotación de recuperación de fibras 156, un proceso de gradiente de densidad 160, un proceso de separación de corrientes de Foucault 164, un proceso separador magnético 168, un proceso separador ciclónico 172, un proceso de tamizado 176, u otro proceso de separación y clasificación 154 adecuado. El método de reciclaje 300 puede comprender además el procesamiento del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152 mediante la eliminación de la matriz de resina 56 desde el reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152, mediante la aplicación de un material aglutinante 194 (véase la FIG. 3B) a la pluralidad de fibras 32 del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152 a fin de mantener la pluralidad de fibras 32 intactas, y utilizando el reciclado deslaminado 52 con el material aglutinante 194 como alimentación 196 para un segundo compuesto de moldeado 198 (véase la FIG. 3B).

45 En otra realización, se proporciona un método de reciclaje 400. Las FIGS. 13A-13B son ilustraciones de un diagrama de flujo de otra realización de ejemplo del método de reciclaje 400. Como se muestra en las FIGS. 13A-13B, se proporciona el método de reciclaje 400 para el reciclaje de restos del laminado compuesto 40 (véase la FIG. 6) en reciclado deslaminado 52 que mantiene una fracción de volumen de fibra 54a y una alineación de la fibra a nivel de la lámina 55a sustancialmente iguales a la fracción de volumen de fibra 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de los restos de laminado compuesto curado 40. Como se muestra en la FIG. 13A, el método de reciclaje 400 comprende la etapa 402 de proporcionar restos de laminado compuesto curado 40 que comprende la matriz de resina 56 y la pluralidad de fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55.

50 Como se muestra en la FIG. 13A, los método de reciclaje 400 comprende además la etapa 404 de la reducción en el tamaño de los restos de laminado compuesto curado 40 a través de un proceso de reducción de tamaño 202 (véase la FIG. 6) para obtener escamas de laminado compuesto curado 250 (véase la FIG. 6). El método de reciclaje 400 comprende además la etapa 406 de SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS ESCAMAS DE LAMINADO COMPUESTO CURADO 250. Como se muestra en la FIG. 13A, el método de reciclaje 400 comprende además la etapa 408 de preacondicionamiento de las escamas de laminado compuesto curado 250 sumergiéndolas en uno o más disolventes líquidos 60 (véase la FIG. 6) de modo que las escamas de laminado compuesto curado 250 absorben sustancialmente el uno o más disolventes líquidos 60. Como se muestra en la FIG. 13A, el método de reciclaje 400 comprende además la etapa 410 de eliminación de cualquier exceso de cantidad de uno o más disolventes líquidos 60 no absorbidos por las escamas de laminado compuesto curado 250. Como se muestra en la FIG. 13A, el método de reciclaje comprende además la etapa 412 de precalentamiento de las escamas de laminado compuesto curado 250 sustancialmente absorbidas con el uno o más disolventes líquidos 60 a una temperatura por debajo del punto de ebullición de un disolvente más bajo del uno o más disolventes líquidos 60. El proceso de energía de precalentamiento 70 (véase la FIG. 6) se trata con detalle anteriormente y se muestra

en la FIG. 8.

Como se muestra en la FIG. 13A, el método de reciclaje 400 comprende además la etapa 414 de calentamiento rápido de las escamas de laminado compuesto curado precalentadas 250 sustancialmente absorbida con el uno o más disolventes líquidos 60 a una temperatura por encima del punto de ebullición del disolvente más alto del uno o más disolventes líquidos, para efectuar un cambio de fase del disolvente de líquido a gas 140 (véase la FIG. 6) del uno o más disolventes líquidos 60 con el fin de deslaminar las escamas de laminado compuesto curado 250. La etapa de calentamiento rápido 414 comprende, preferentemente, el proceso de deslaminado de cambio de fase 142 tratado con detalle anteriormente y mostrado en la FIG. 9.

Como se muestra en la FIG. 13A, el método de reciclaje 400 comprende además la etapa 416 de obtención de un reciclado deslaminado 52 (véase la FIG. 6) que mantiene una fracción de volumen de fibras 54a y una alineación de fibras a nivel de lámina 55a de la pluralidad de fibras 32 que es sustancialmente igual que la fracción de volumen de fibra 54 y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 de los restos de laminado compuesto curado 40.

Como se muestra en la FIG. 13B, el método de reciclaje 400 puede comprender además la etapa opcional 418 de separación y clasificación de la contaminación del reciclado deslaminado 52 en reciclado deslaminado con una matriz de resina intacta 150 (véase la FIG. 6) y reciclado deslaminado sin una matriz de resina intacta 152 (véase la FIG. 6).

Como se muestra en la FIG. 13B, el método de reciclaje 400 puede comprender además la etapa opcional 420 de utilizar el reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta 150 como una alimentación directa 180 (véase la FIG. 6) para un primer compuesto de moldeado 182 (véase la FIG. 6). Como se muestra en la FIG. 13B, el método de reciclaje 400 puede comprender además la etapa opcional 422 de procesamiento del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152, comprendiendo etapas opcionales: la etapa 424 de la eliminación de la matriz de resina 56 desde el reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152, la etapa 426 de la aplicación de un material aglutinante 194 (véase la FIG. 3B) a la pluralidad de fibras 32 del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152 con el fin de mantener la pluralidad de fibras 32 intactas y la etapa 428 de usar el reciclado deslaminado 52 con el material aglutinante 194 como una alimentación 196 (véase la FIG. 6) para un segundo compuesto de moldeado 198 (véase la FIG. 6).

La FIG. 14 es una ilustración de un diagrama esquemático de un resumen de las etapas que se pueden usar con las realizaciones de ejemplo de métodos y sistemas. La FIG. 14 muestra los restos de laminado compuesto curado 40 que se introducen y procesan con un proceso de reducción de tamaño 202. El proceso de reducción del tamaño 202 utiliza preferentemente un aparato de reducción del tamaño 204 tratado anteriormente y mostrado en la FIG. 7. Los residuos de laminado compuesto curado 40 con un tamaño reducido procede después un proceso de separación y clasificación de la contaminación 154. Como se muestra en la FIG. 14, el proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 puede producir partículas finas para la recuperación de fibra molida 262, residuos 264, materiales metálicos valiosos 266, u otros productos adecuados. El proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 usa, preferentemente, un aparato de separación y clasificación de la contaminación 148 tratado anteriormente y mostrado en la FIG. 10. Los residuos de laminado compuesto curado reducidos y separados se someten después al proceso de acondicionamiento mediante inmersión en disolvente 61. El proceso de acondicionamiento con mediante inmersión en disolvente 61 usa, preferentemente, un aparato para inmersión en disolvente para acondicionamiento 58 (véase la FIG. 4B) tratado anteriormente. Los residuos de laminado compuesto curado 40 reducidos, separados y acondicionados sufren después el proceso de eliminación del disolvente líquido 67. El proceso de eliminación del disolvente líquido 67 usa, preferentemente, un aparato de eliminación del disolvente líquido 66 (véase la FIG. 4B) tratado anteriormente. Después del proceso de eliminación del disolvente líquido 67, los residuos de laminado compuesto curado 40 reducidos, separados, acondicionados y con el exceso de disolvente eliminado pueden volver al proceso de inmersión en disolvente para acondicionamiento 61 para empapararlo adicionalmente o puede proceder con el proceso de energía de precalentamiento 70. El proceso de la energía de precalentamiento 70 utiliza, preferentemente, un aparato de energía de precalentamiento 68 tratado anteriormente y mostrado en la FIG. 8. Los residuos de laminado compuesto curado 40 reducidos, separados, acondicionados y con el exceso de disolvente eliminado se someten después al proceso de deslaminación de cambio de fase 142. El proceso de deslaminación de cambio de fase 142 utiliza preferentemente un aparato de deslaminación de cambio de fase 136 tratado anteriormente y mostrado en la FIG. 9. Como se muestra en la FIG. 14, el producto resultante se somete después al proceso de separación y clasificación de la contaminación 154. El reciclado deslaminado con matriz de resina intacta 150 puede usarse como alimentación directa 180, tal como en forma de escamas compuestas de una sola lámina gruesa con matriz de resina intacta 268. Como alternativa, el reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta 152 se somete a proceso de eliminación de la matriz de resina 188 y el proceso de aplicación de aglutinante 190 para su uso como alimentación 196, tal como en la forma de escamas de fibra compuesta de una sola lámina gruesa 269.

La FIG. 15 es una ilustración de un diagrama de flujo de otra realización de ejemplo de un método 500. En esta realización se proporciona el método 500 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30 en un material reciclado deslaminado 52 que mantiene una fracción de volumen de fibra 54a y una alineación de la fibra a

nivel de la lámina 55a una que son sustancialmente iguales a la fracción de volumen de fibra 54 y la alineación de la fibra a nivel de la lámina 55 del material laminado compuesto curado 30. El método 500 comprende la etapa 502 de proporcionar un material laminado compuesto curado 30 que comprende una matriz de resina 56 y una pluralidad de fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra nivel de lámina 55. El método 500 puede comprender además la etapa opcional 504 de preacondicionar el material laminado compuesto curado 30 sumergiéndolo en uno o más disolventes líquidos 60, de forma que el material laminado compuesto curado 30 absorbe sustancialmente el uno o más disolventes líquidos 60. El método 500 puede comprender además la etapa opcional 506 de eliminar cualquier cantidad en exceso del uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material laminado compuesto curado 30. El método 500 puede comprender además la etapa opcional 508 de precalentamiento del material laminado compuesto curado 30 sustancialmente absorbido con el uno o más disolventes líquidos 60 hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición del disolvente más bajo del uno o más disolventes.

El método 500 comprende además la etapa 510 de calentar térmicamente el material laminado compuesto curado 30 en una atmósfera o ambiente de nitrógeno para deslaminar el material laminado compuesto curado 30. Preferentemente, el material laminado compuesto curado 30 se calienta mediante pirólisis controlada en un aparato de calentamiento tal como un horno en una atmósfera o ambiente de nitrógeno. Preferentemente, el material laminado compuesto curado 30 se calienta a una temperatura superior a aproximadamente 260 °C (500 grados Fahrenheit) y durante un tiempo de aproximadamente una hora. No obstante, la temperatura de calentamiento y el tiempo de calentamiento dependen de tipo de material laminado compuesto curado 30 que se está calentando térmicamente. Después de que el material laminado compuesto curado 30 se calienta suficientemente en atmósfera de nitrógeno para efectuar la deslaminación del material laminado compuesto curado en láminas individuales, el método 500 comprende además la etapa 512 de obtener un reciclado deslaminado 52a que comprende fibras 32 con un alquitrán de matriz de resina 604 (véase la FIG. 16). El reciclado deslaminado 52A mantiene una fracción DE volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a de las fibras 32 que son sustancialmente iguales a la fracción de volumen de fibra 54 y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 del material laminado compuesto curado 30.

Una vez que se obtiene el reciclado deslaminado 52a, después se puede opcionalmente consolidar con una nueva matriz de resina 608 (véase la FIG. 16) con aparato de aplicación de nueva matriz de resina 606 a través de un proceso de consolidación conocido. El reciclado deslaminado 52a con la nueva matriz de resina 608 puede después convertirse en una estructura 610 (véase la FIG. 16), por ejemplo, un panel o una pieza de material compuesto. Como alternativa, una vez que se obtiene el reciclado deslaminado 52a, después se puede opcionalmente consolidar con un material aglutinante 194 (véase la FIG. 16) a través de un aparato de aplicación de aglutinante 186 mediante un proceso de consolidación conocido. El reciclado deslaminado 52a con el material aglutinante 194 puede usarse después como alimentación 196 y convertirse en un segundo compuesto de moldeado 198, como se ha tratado anteriormente.

La FIG. 16 es una ilustración de un diagrama de bloques de otra de las formas de realización de un sistema de reciclaje 600 para el reciclaje de un material laminado compuesto curado 30 en reciclado deslaminado 52a que mantiene una fracción de volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de la lámina 55a que son sustancialmente iguales a la fracción de volumen de fibra 54 y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55 del material laminado compuesto curado 30. Como se muestra en la FIG. 16, el sistema de reciclaje 600 comprende un material laminado compuesto curado 30 que comprende una matriz de resina 56 y una pluralidad de fibras 32 que tienen una fracción de volumen de fibra de 54 y una alineación de la fibra A nivel de lámina 55. Preferentemente, la alineación de la fibra A nivel de lámina está en forma de orientación de la fibra alineada y continua 34 (véase la FIG. 2A). El material laminado compuesto curado 30 puede comprender residuos fabricación, residuos del final de la vida, recortes, astillas, restos de cortes, herramientas, materiales no utilizados, componentes de restos, componentes caducados u otro material laminado compuesto curado 30 adecuado para reciclar.

Como se muestra en la FIG. 16, el sistema de reciclaje 600 puede comprender opcionalmente adicionalmente un aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58 que contiene uno o más disolventes líquidos 60 (véase la FIG. 5) para empapar a través de un proceso de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 61 (véase la FIG. 5) el material laminado compuesto curado 30, de forma que el material laminado compuesto curado 30 absorbe sustancialmente el uno o más disolventes líquidos 60. El uno o más disolventes líquidos 60 puede comprender agua, alcohol bencílico, acetona, metiletilcetona (MEK), ácido clorhídrico, una combinación de uno o más de los mismos u otro disolvente líquido adecuado. El aparato de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 58 puede comprender un recipiente o vaso abierto o cerrado. Opcionalmente, el proceso de inmersión en disolvente para preacondicionamiento 61 puede llevarse a cabo con calor 62 (véase la FIG. 5), presión 64 (véase la FIG. 5) o una combinación de calor 62 y presión 64.

Como se muestra en la FIG. 16, el sistema de reciclaje 600 puede comprender además opcionalmente un aparato para eliminación de disolvente líquido 66 para eliminar a través de un proceso de eliminación de disolvente líquido 67 (véase la FIG. 5) cualquier cantidad en exceso del uno o más disolventes líquidos 60 no absorbida por el material laminado compuesto curado 30. El proceso de eliminación del disolvente líquido 67 puede comprender la evaporación por exposición al aire u otro proceso de evaporación adecuado.

Como se muestra en la FIG. 16, el sistema de reciclaje 600 puede comprender opcionalmente adicionalmente un aparato de energía de precalentamiento 68 para precalentar el material laminado compuesto curado 30 hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición del disolvente más bajo del uno o más disolventes líquidos 60. El aparato de energía de precalentamiento 68 y el proceso de energía de precalentamiento 70 se ha tratado con detalle anteriormente y se muestran en la FIG. 8.

Como se muestra en la FIG. 16, el sistema de reciclaje 600 comprende además un aparato de deslaminado 602 para calentar térmicamente el material laminado compuesto curado 30 en una atmósfera o ambiente de nitrógeno para deslaminar el material laminado compuesto curado 30. Preferentemente, el aparato de deslaminado 602 es un aparato de pirólisis que es capaz de calentar el material laminado compuesto curado 30 en una atmósfera de nitrógeno preferentemente a una temperatura por encima de 260 °C (500 grados Fahrenheit). Como se muestra en la FIG. 16, una vez que el material laminado compuesto curado 30 se deslaminado a través del aparato de deslaminado 602, se obtiene el reciclado deslaminado 52a. El reciclado deslaminado 52a obtenido o producido comprende fibras 32 que tienen alquitrán de matriz de resina 604. El reciclado deslaminado 52a mantiene una fracción de volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a de las fibras 32 que son sustancialmente iguales a la fracción de volumen de fibra 54 y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 del material laminado compuesto curado 30.

El método 500 y el sistema de reciclaje 600 pueden utilizar preferentemente un proceso de pirólisis controlada para separar el material laminado compuesto curado 30. El tiempo, la temperatura y la presión parcial 73 del ambiente (véase la FIG. 5) puede controlarse para pirolizar preferentemente la matriz de resina 56 entre las capas de la lámina 33 (véase la FIG. 2A), dejando una cantidad mínima de matriz de resina 56 y / o alquitrán de matriz de resina 602 (véase la FIG.16) intacta, al mismo tiempo que se conserva la cohesión del reciclado deslaminado 52a, que puede estar en forma de escamas del laminado s compuesto curado 250 (véase la Fig. 4B). Adicionalmente, la pirólisis controlada, preferentemente mantiene o conserva una fracción de volumen de fibras 54a y una alineación de la fibra a nivel de lámina 55a de las fibras 32 que son sustancialmente iguales a la fracción de volumen de fibra 54 y la alineación de la fibra a nivel de lámina 55 de la pluralidad de fibras 32 del material laminado compuesto curado 30.

Opcionalmente, el método 500 y el sistema de reciclaje 600 pueden comprender además un proceso de reducción de tamaño 202 (véase la FIG. 6) utilizando un aparato de reducción de tamaño 204 (véase la FIG. 4B) para su uso antes del uso del aparato de inmersión en disolvente para acondicionamiento 58. Opcionalmente, el método 500 y el sistema de reciclaje 600 pueden comprender además un proceso de separación y clasificación de la contaminación 154 (véase la FIG. 6) utilizando un aparato de separación y clasificación de la contaminación (véase la FIG. 4B) para su uso antes del uso del aparato de inmersión en disolvente para acondicionamiento 58.

Pruebas del módulo de elasticidad. Las pruebas del módulo de elasticidad se llevaron a cabo en laminado compuesto curado mediante la incorporación de escamas de láminas de reciclado deslaminado obtenidas mediante el método 500 y usando el sistema de reciclaje 600. Para los fines de esta aplicación se realizaron pruebas del módulo de elasticidad o módulo de tensión para medir una rigidez del laminado compuesto curado incorporando escamas de la lámina de reciclado deslaminado en una matriz de resina polimérica. El reciclado deslaminado en forma de escamas de lámina se obtuvo calentando el material laminado compuesto de carbono curado triturado con un proceso de pirólisis controlada en un horno de conducción con una atmósfera o ambiente de nitrógeno sustancialmente pura a una temperatura de 260 °C (500 grados Fahrenheit) durante un tiempo de aproximadamente una (1) hora. Después de suficiente calentamiento y pirólisis, el material de escamas resultante se enfrió y a las escamas deslaminadas se añadió una matriz de resina polimérica mediante un proceso de consolidación. Se aplicaron suficiente calor y suficiente presión a la resina y se recuperó material de escamas para formar un panel compuesto consolidado. Se cortaron tres cupones del panel que tiene las escamas de laminado compuesto curado en la matriz de resina polimérica. Los cupones se analizaron en tensión con un marco de carga uniaxial que incorpora una célula de carga y un extensiómetro que miden la carga aplicada y la tensión, respectivamente, mientras que se cargan los compuestos de ensayo a una velocidad de 1,3 mm (0,05 pulgadas) de desplazamiento de la tensión por minuto. El módulo de elasticidad se calculó en unidades de gigapascales (GPa) para cada uno de los tres cupones. El cupón número 1 tenía un módulo de elasticidad de 42 GPa. El cupón número 2 tenía un módulo de elasticidad de 41 GPa. El cupón número 3 tenía un módulo de elasticidad de 29 GPa. El módulo de elasticidad promedio para los cupones de número 1, 2 y 3 fue 37,3 GPa.

Las FIGS. 17A-17B muestran fotografías de micrografía de secciones transversales de un laminado compuesto curado que incorpora escamas de láminas de reciclado deslaminado de un cupón aparte tomado del mismo panel utilizado para los números de cupones 1, 2 y 3 para las pruebas del módulo de elasticidad tratadas anteriormente. La FIG. 17A muestra una primera fotografía de micrografía de la sección transversal 700a de escamas de láminas de reciclado deslaminado incorporadas en un laminado compuesto curado 702 con matriz polimérica tomado de un cupón de un panel. Las áreas de porosidad 704 mostradas en la primera fotografía de micrografía de la sección transversal 700a son bajas en número. La FIG. 17B muestra una segunda fotografía de micrografía de la sección transversal 700b de escamas de láminas de reciclado deslaminado incorporadas en un laminado compuesto curado con matriz polimérica 702 tomado del mismo cupón del panel como para la FIG. 17A. Las áreas de porosidad 704 mostradas en la segunda fotografía de micrografía de la sección transversal 700b son bajas en número. Las fotografías de micrografía se tomaron con una cámara de microscopio óptico con un aumento de aproximadamente

50x. Los laminados de reciclado resultantes mostrados en las FIGS. 17A-17B son comparables visualmente con los laminados no reciclados a partir de los cuales se reciclan y son comparables visualmente para laminados no reciclados conocidos.

5 Las realizaciones de los sistemas 50, 51, 200, 201, 600 y los métodos 270, 280, 300, 400, 500 divulgados en el presente documento pueden separar con eficacia materiales laminados, en los que el laminado se trata primero con un disolvente (agua, alcohol bencílico, u otro disolvente adecuado) y después se calienta rápidamente, para dar lugar a un cambio de fase que deslaminada y separa las capas del material laminado, lo que tiene como resultado reciclados de pureza superior, y en el caso de los compuestos de orientación continua de las fibras, tiene como resultado la preservación de la carga de volumen alto de fibra en una forma de escamas deslaminadas reforzadas con fibra. Dichos materiales deslaminados se pueden separar después mediante tecnologías de clasificación conocidas para facilitar la reclamación de fibras de carbono orientadas de mayor valor.

10
15 Además, las realizaciones de los sistemas 50, 51, 200, 201, 600 y los métodos 270, 280, 300, 400, 500 divulgados en el presente documento abordan la cuestión de la orientación de las fibras en los reciclados deslaminados, tales como los reciclados de fibra de carbono, mediante la creación de sistemas y métodos para mantener la orientación original de las fibras en materiales laminados compuestos curados, tales como astillas o escamas. Las astillas o escamas deslaminadas resultantes se pueden usar para fabricar partes del compuesto de mayor valor. Los sistemas y métodos divulgados mantienen y conservan la orientación original de las fibras de carbono para dar lugar a un producto final más útil y de mayor valor.

20
25 Muchas modificaciones y otras formas de realización acudirán a la mente del experto en la técnica a la que pertenece esta divulgación que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Las realizaciones descritas en el presente documento están destinadas a ser ilustrativas y no se pretende que sean limitantes o exhaustivas. Aunque en el presente documento se emplean términos específicos, se usan en un sentido genérico y descriptivo únicamente y no con el fin de limitar. Para evitar cualquier duda, se debe entender que el alcance de la protección para la invención debe determinarse con las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método (300) para el reciclaje de un material laminado compuesto curado (30) en un reciclado deslaminado (52), comprendiendo el método:

5 proporcionar (302) un material laminado compuesto curado (30) que comprende una matriz de resina y una pluralidad de fibras, donde el volumen de la fibra en el material laminado compuesto curado viene dado por una fracción de volumen de la fibra y donde la pluralidad de las fibras se alinean a nivel de la lámina;
 10 preacondicionar (304) el material laminado compuesto curado (30) por inmersión en uno o más disolventes líquidos para que el material laminado compuesto curado absorba sustancialmente el uno o más disolventes líquidos;
 15 eliminar (306) cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material laminado compuesto curado;
 20 precalentar (308) el material laminado compuesto curado (30) absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición del disolvente más bajo de los uno o más disolventes líquidos; y
 25 calentar rápidamente (310) el material laminado compuesto curado (30) precalentado absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por encima del punto de ebullición de un disolvente más alto del uno o más disolventes líquidos, para efectuar un cambio de fase de líquido a gas del uno o más disolventes líquidos con el fin de deslaminar el material laminado compuesto curado;
 30 obteniendo de este modo (312) un reciclado deslaminado que mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la pluralidad de fibras a nivel de la lámina sustancialmente iguales que los del material laminado compuesto curado.

25 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además separar y clasificar la contaminación (314) del reciclado deslaminado en reciclado deslaminado con una matriz de resina intacta (150) y reciclado deslaminado sin una matriz de resina intacta (152).

30 3. El método de la reivindicación 2, que comprende además el uso de (316) de reciclado deslaminado con la matriz de resina intacta como alimentación directa para un compuesto de moldeado.

4. El método de la reivindicación 2, que comprende además procesar el reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta (152), comprendiendo las etapas:

35 eliminar la matriz de resina (56) del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta (152);
 40 aplicar un material aglomerante (194) a la pluralidad de fibras (32) del reciclado deslaminado sin la matriz de resina intacta con el fin de mantener la pluralidad de fibras intactas; y
 45 usar el reciclado deslaminado con el material aglutinante como alimentación (196) para un compuesto de moldeado.

5. El método de la reivindicación 1, donde el uno o más disolventes líquidos (60) se selecciona de: agua, alcohol bencílico, acetona, metiletilcetona (MEK), ácido clorhídrico, y una combinación de uno o más de los mismos.

6. El método de la reivindicación 1, donde el preacondicionamiento (304) se lleva a cabo con calor, presión, o una combinación de calor y presión.

7. Un sistema para el reciclaje de un material laminado compuesto curado (30) en un reciclado deslaminado, comprendiendo el sistema:

50 un material laminado compuesto curado (30) que comprende una matriz de resina (56) y una pluralidad de fibras (32), donde el volumen de la fibra en el material laminado compuesto curado viene dado por una fracción de volumen de la fibra y donde la pluralidad de las fibras se alinean a nivel de la lámina;
 un aparato de preacondicionamiento por empapando con disolvente (58) que contiene uno o más disolventes líquidos para empapar el material laminado compuesto curado de modo que el material laminado compuesto
 55 curado absorba sustancialmente el uno o más disolventes líquidos;
 un aparato para la retirada de disolvente líquido (66) para la eliminación de cualquier cantidad en exceso de los uno o más disolventes líquidos no absorbidos por el material laminado compuesto curado;
 un aparato de energía de precalentamiento (68) para precalentar el material laminado compuesto curado absorbido sustancialmente con el uno o más disolventes líquidos hasta una temperatura por debajo del punto de
 60 ebullición del disolvente más bajo de los uno o más disolventes líquidos; y
 un aparato de deslaminado de cambio de fase (136) para calentar rápidamente el material laminado compuesto curado precalentado hasta una temperatura por encima del punto de ebullición del disolvente más alto de los uno o más disolventes líquidos, para efectuar un cambio de fase de líquido a gas de los uno o más disolventes líquidos a fin de deslaminar el material compuesto laminado curado para obtener un reciclado deslaminado que
 65 mantiene una fracción de volumen de fibra y una alineación de la pluralidad de fibras a nivel de la lámina que es sustancialmente igual que el material laminado compuesto curado.

8. El sistema de la reivindicación 7, que comprende además un aparato para separar y clasificar la contaminación (148) para separar y clasificar el reciclado deslaminado en reciclado deslaminado con una matriz de resina intacta (150) y reciclado deslaminado sin una matriz de resina intacta.
- 5 9. El sistema de la reivindicación 8, donde para el reciclado deslaminado sin la resina intacta, comprendiendo el sistema además un aparato para la eliminación de la matriz de resina (184) y un aparato de aplicación de aglutinante (186).
- 10 10. El sistema de la reivindicación 7, donde el uno o más disolventes líquidos (60) se selecciona de: agua, alcohol bencílico, acetona, metiletilcetona (MEK), ácido clorhídrico, y una combinación de uno o más de los mismos.

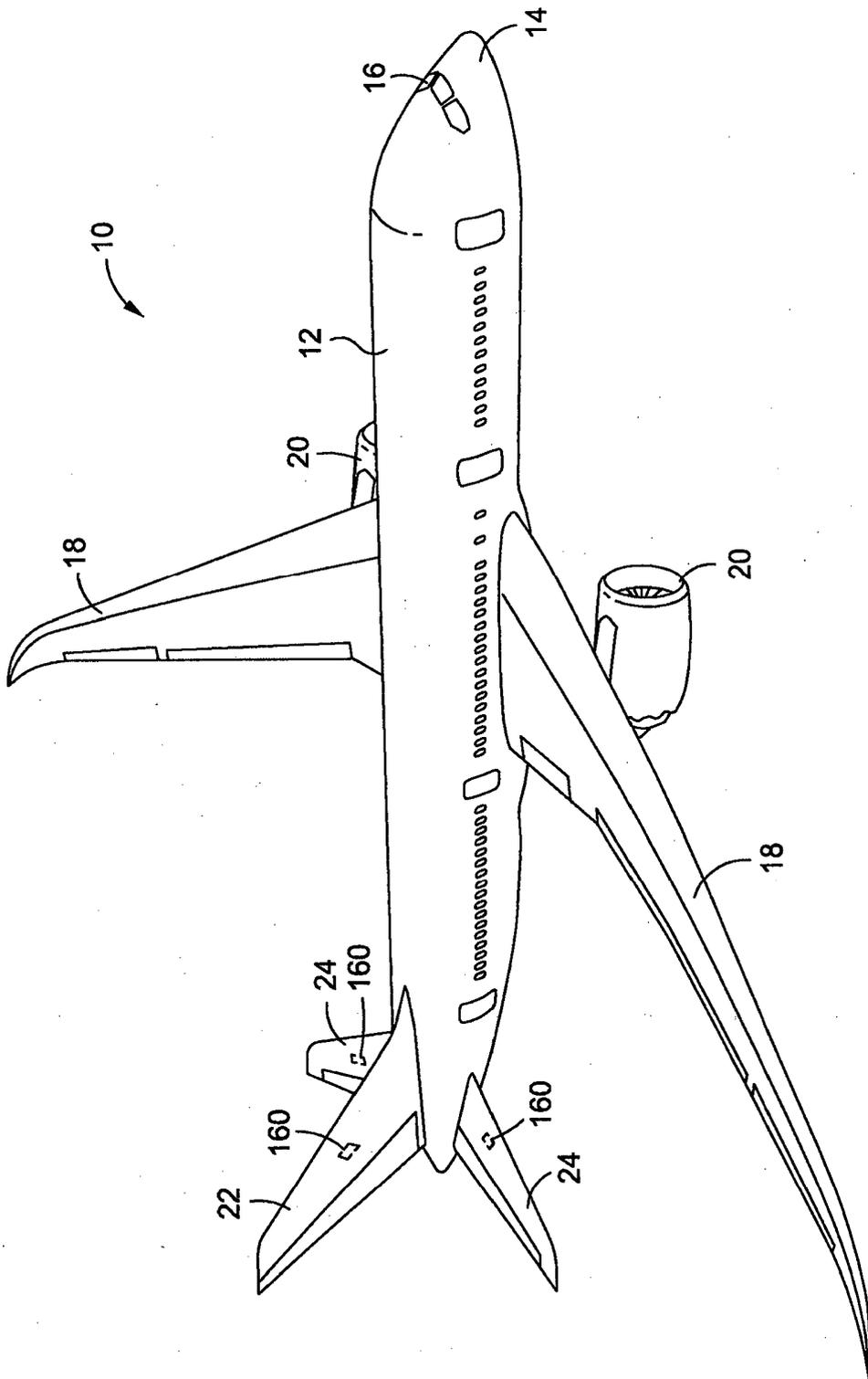


FIG. 1

FIG. 2A

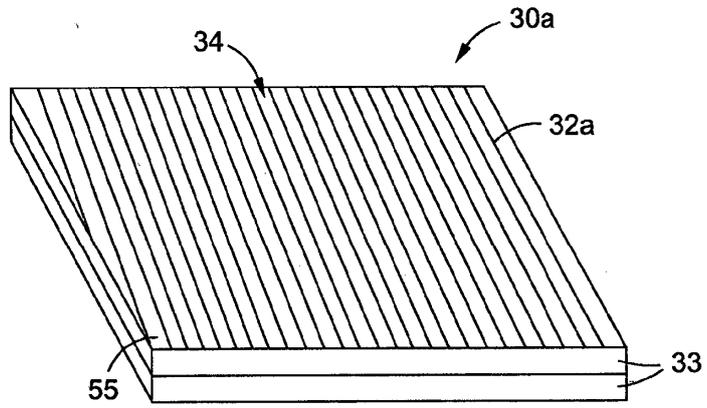


FIG. 2B

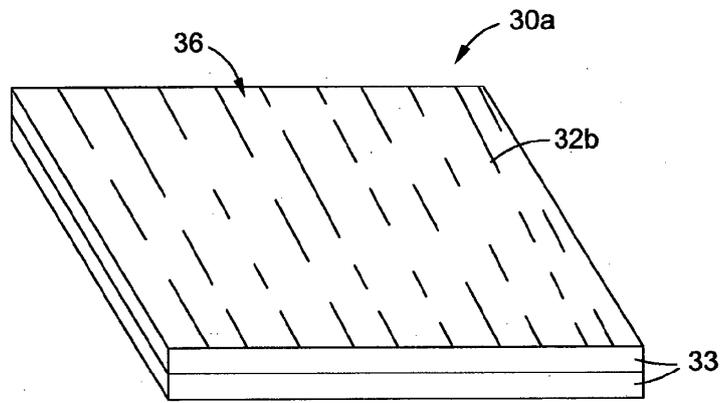
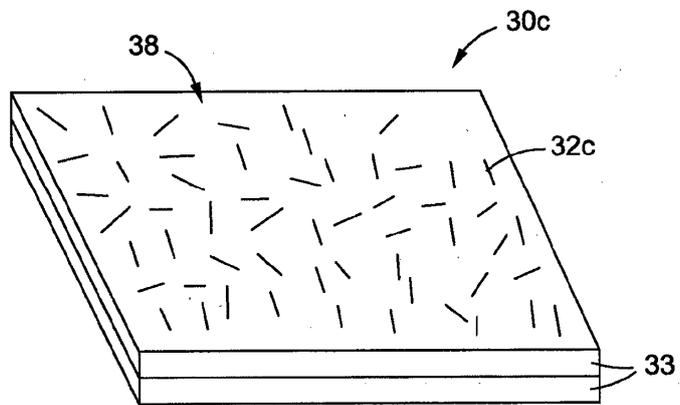


FIG. 2C



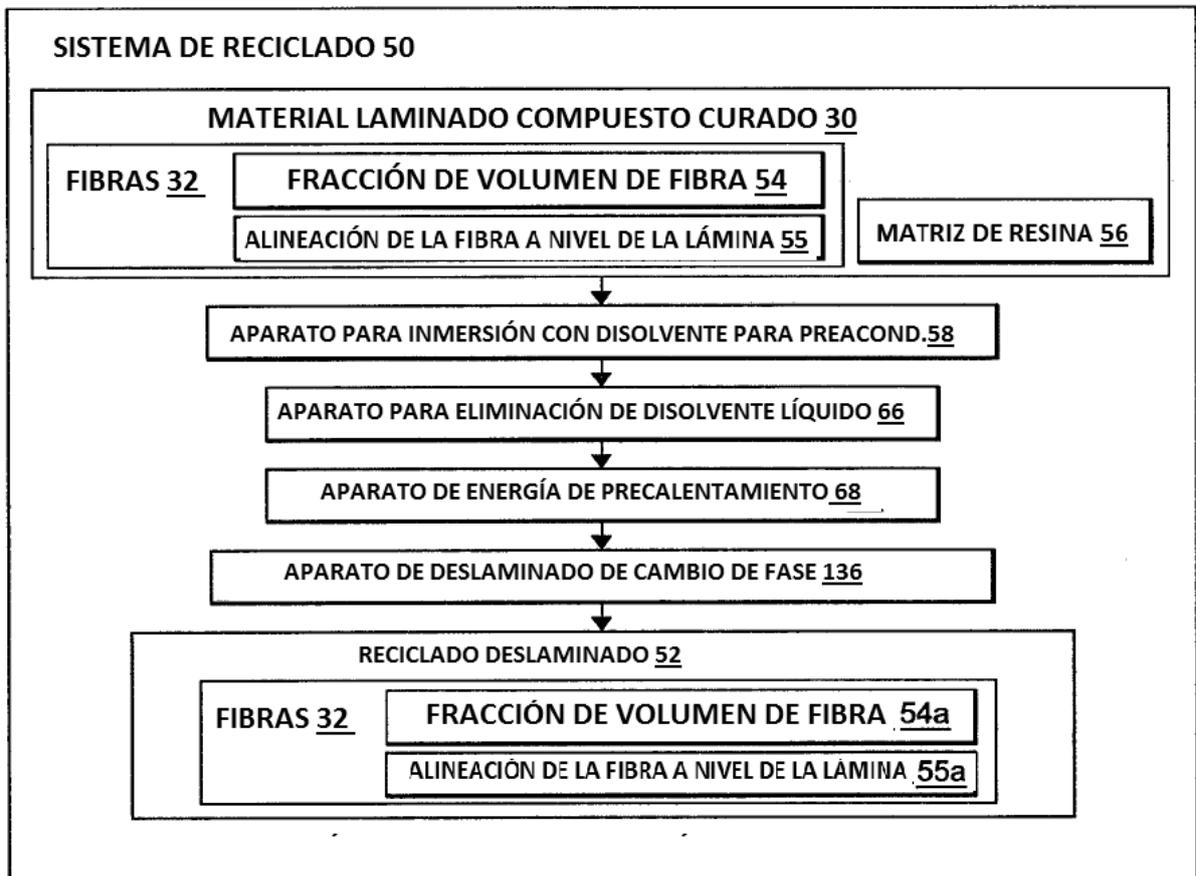


FIG. 3A

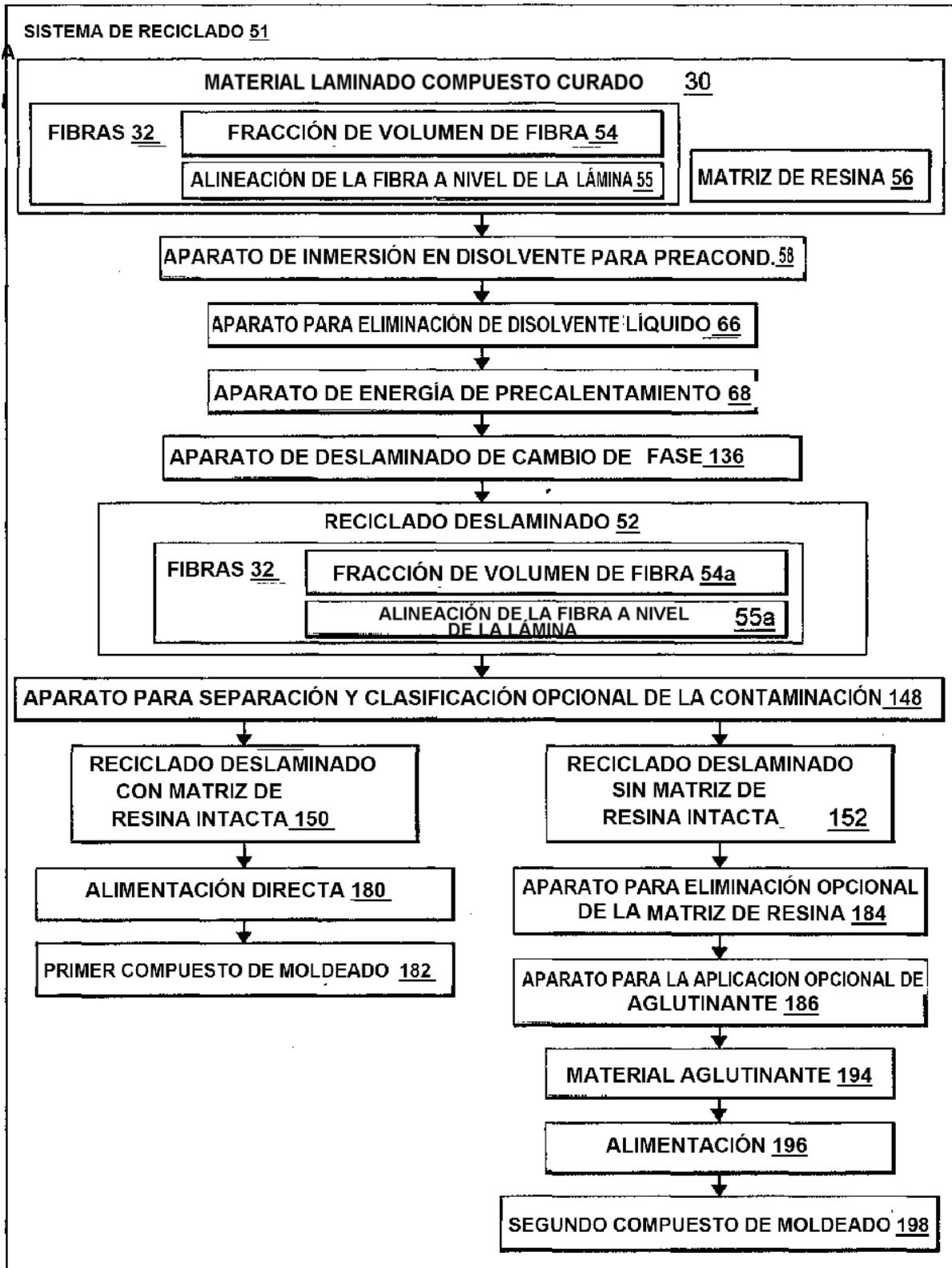


FIG. 3B

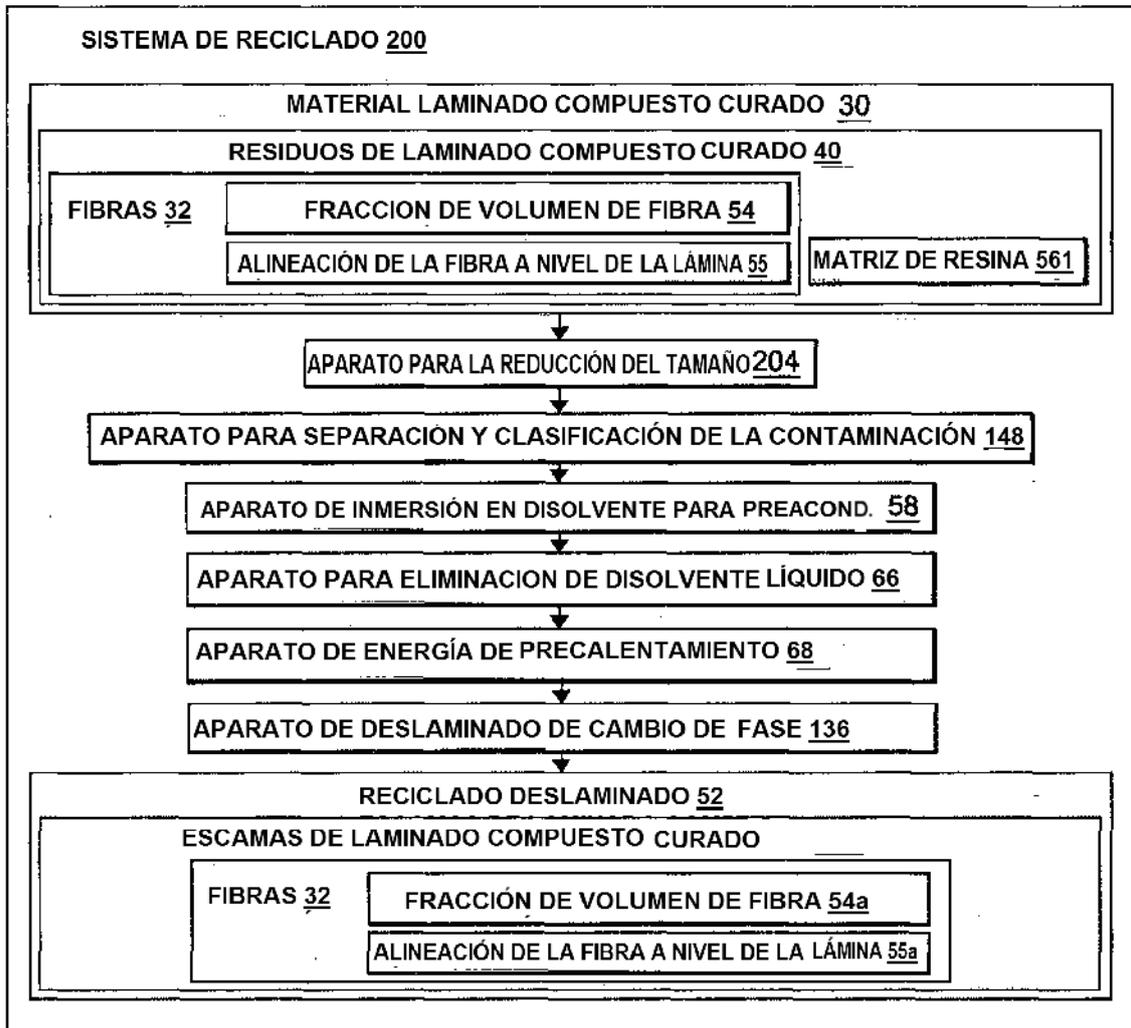


FIG. 4A

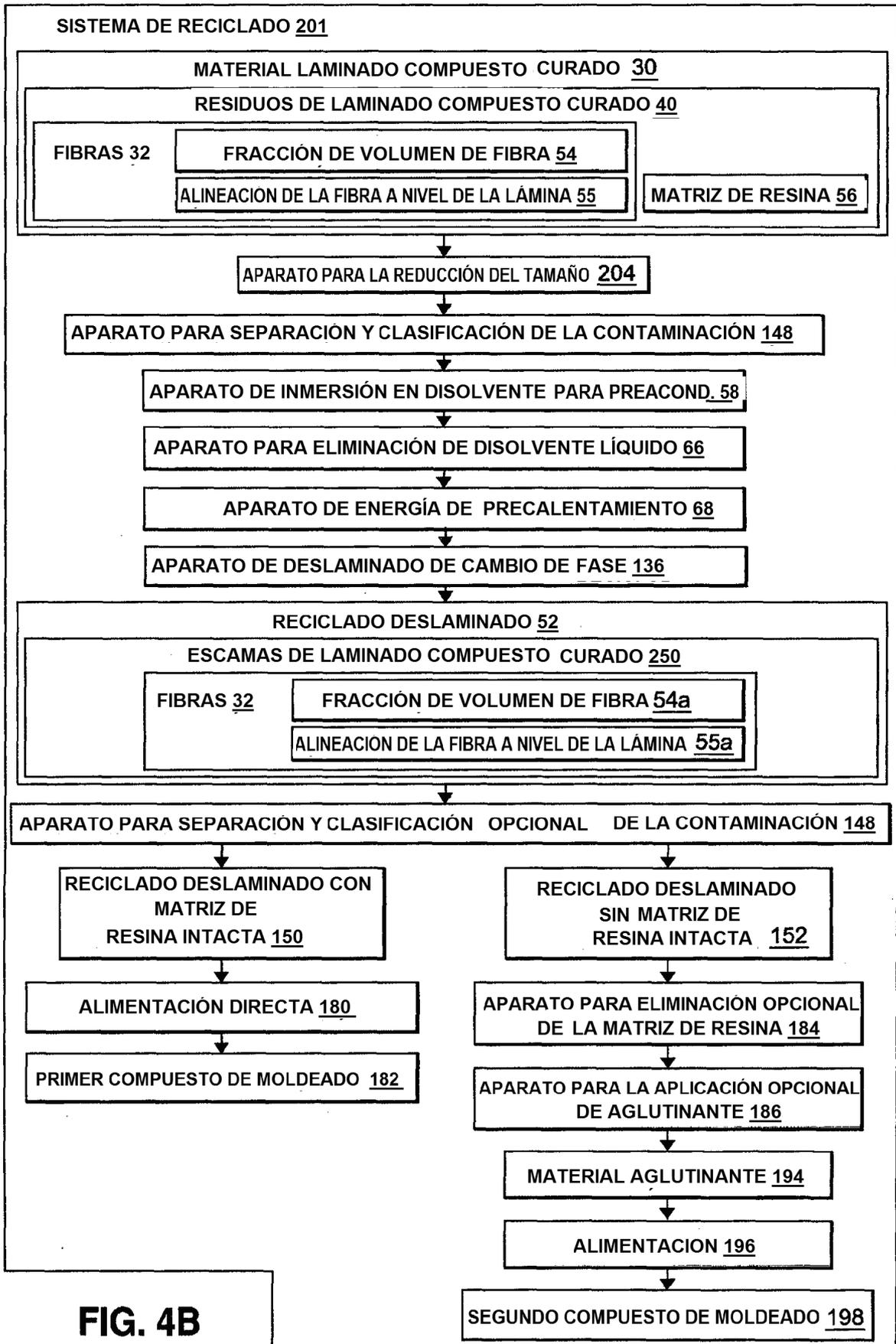
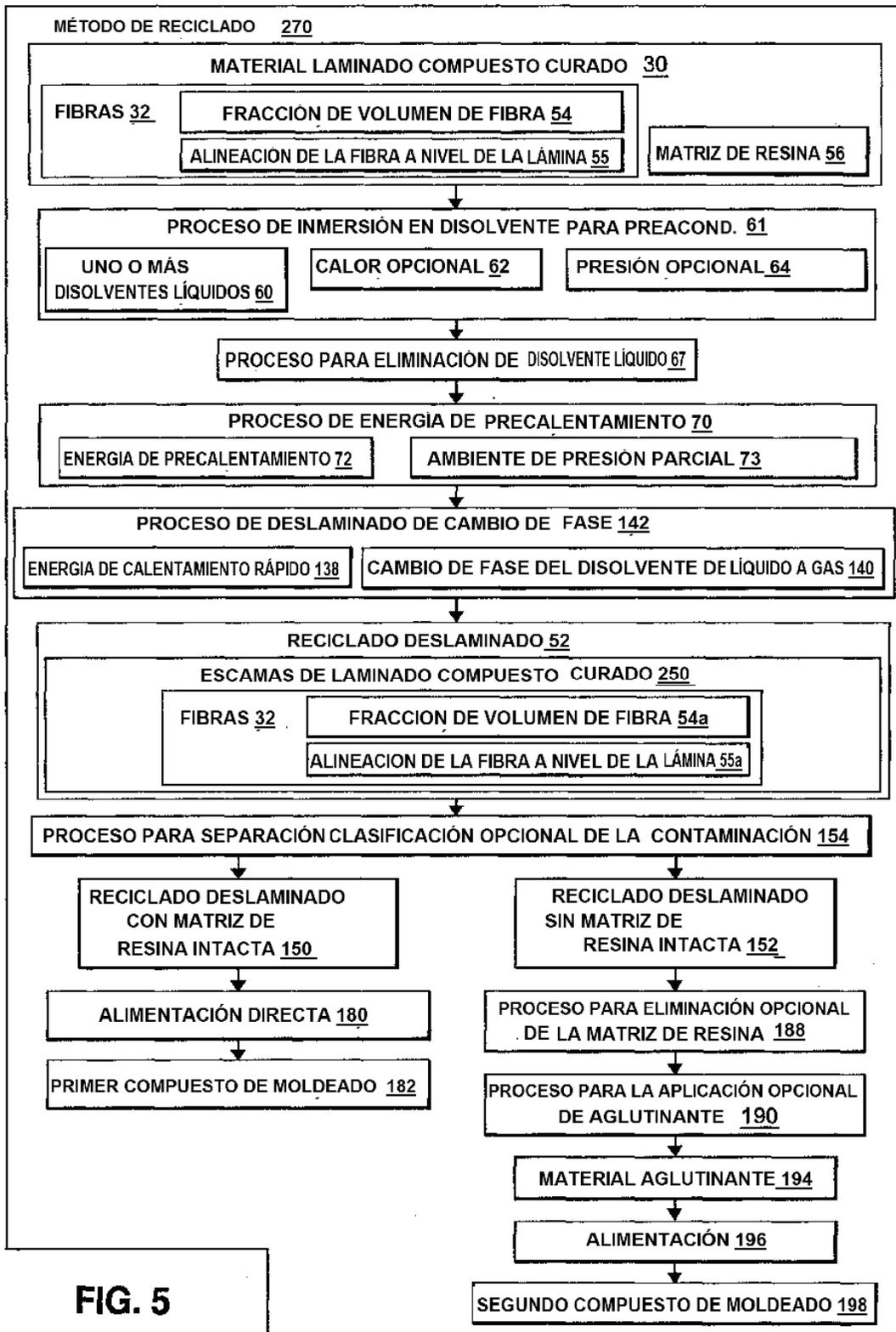


FIG. 4B



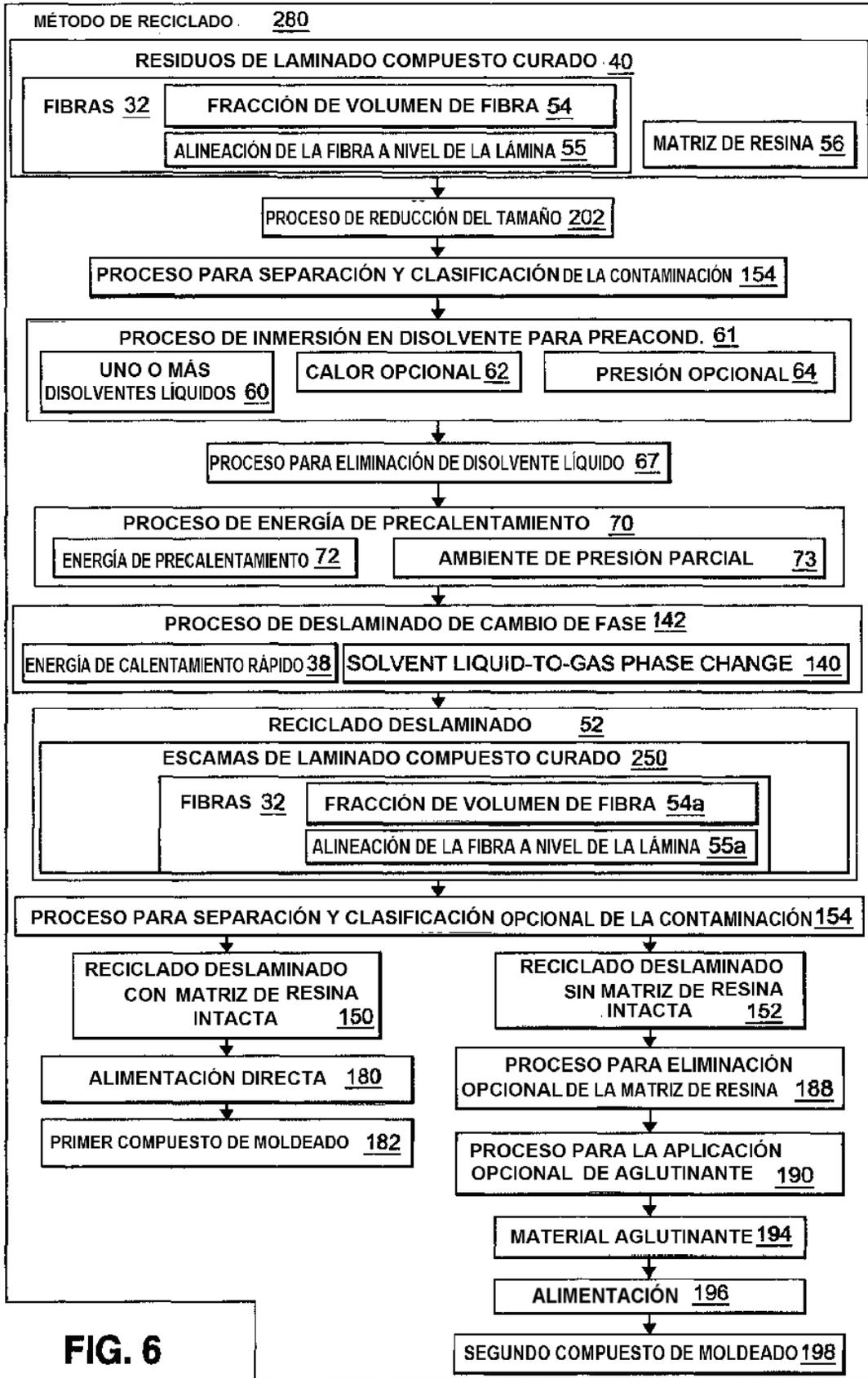


FIG. 6

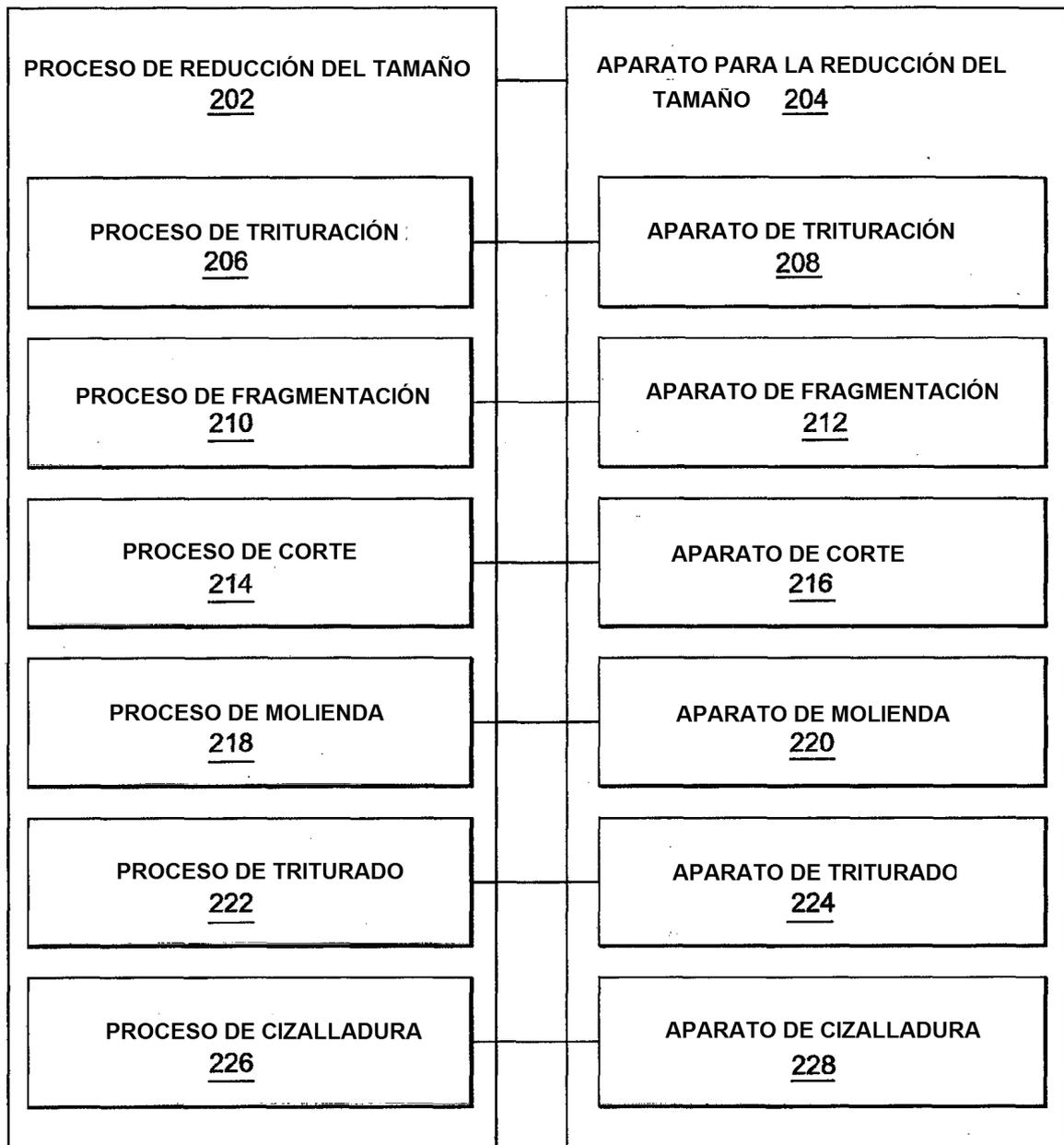


FIG. 7

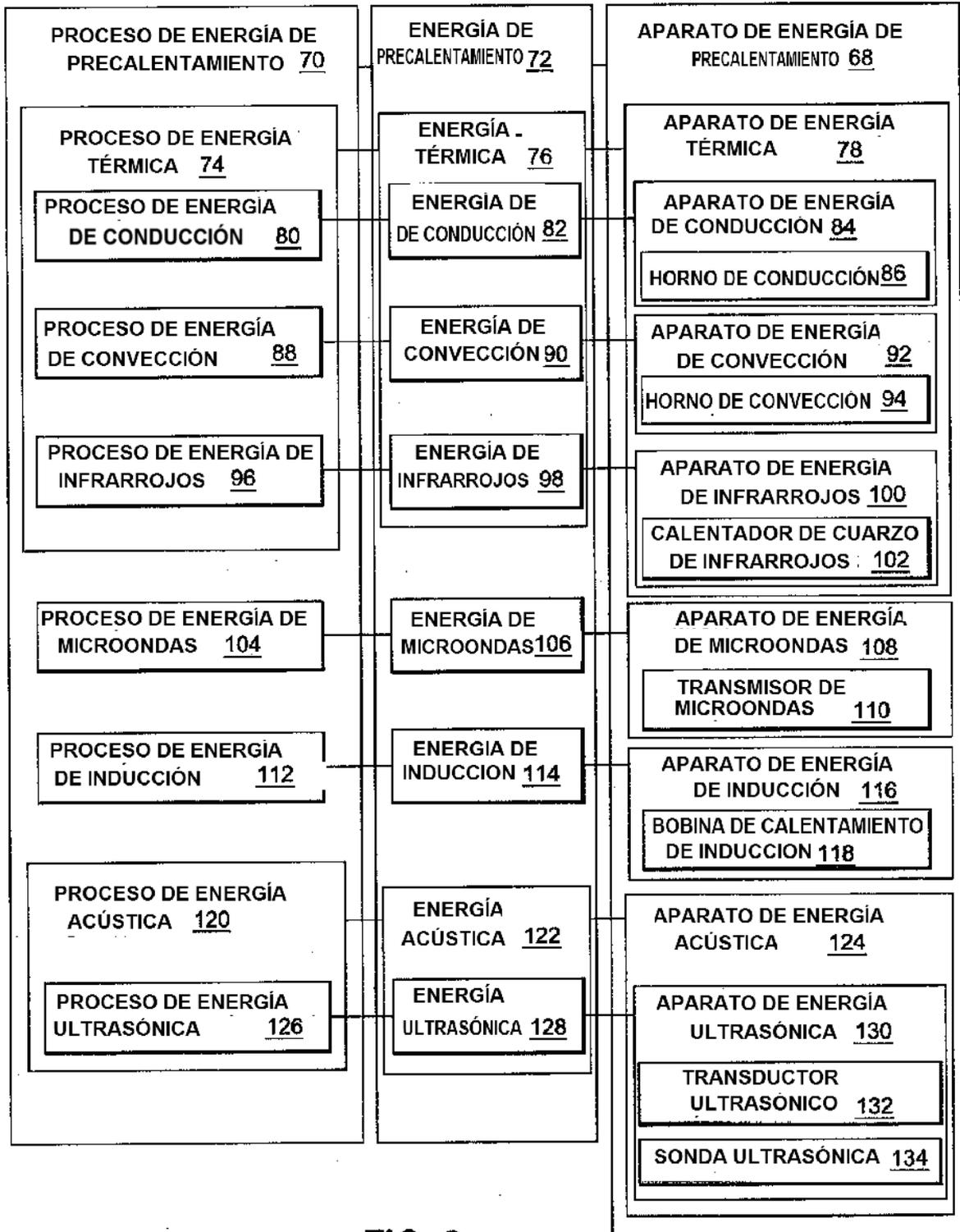


FIG. 8



FIG. 9

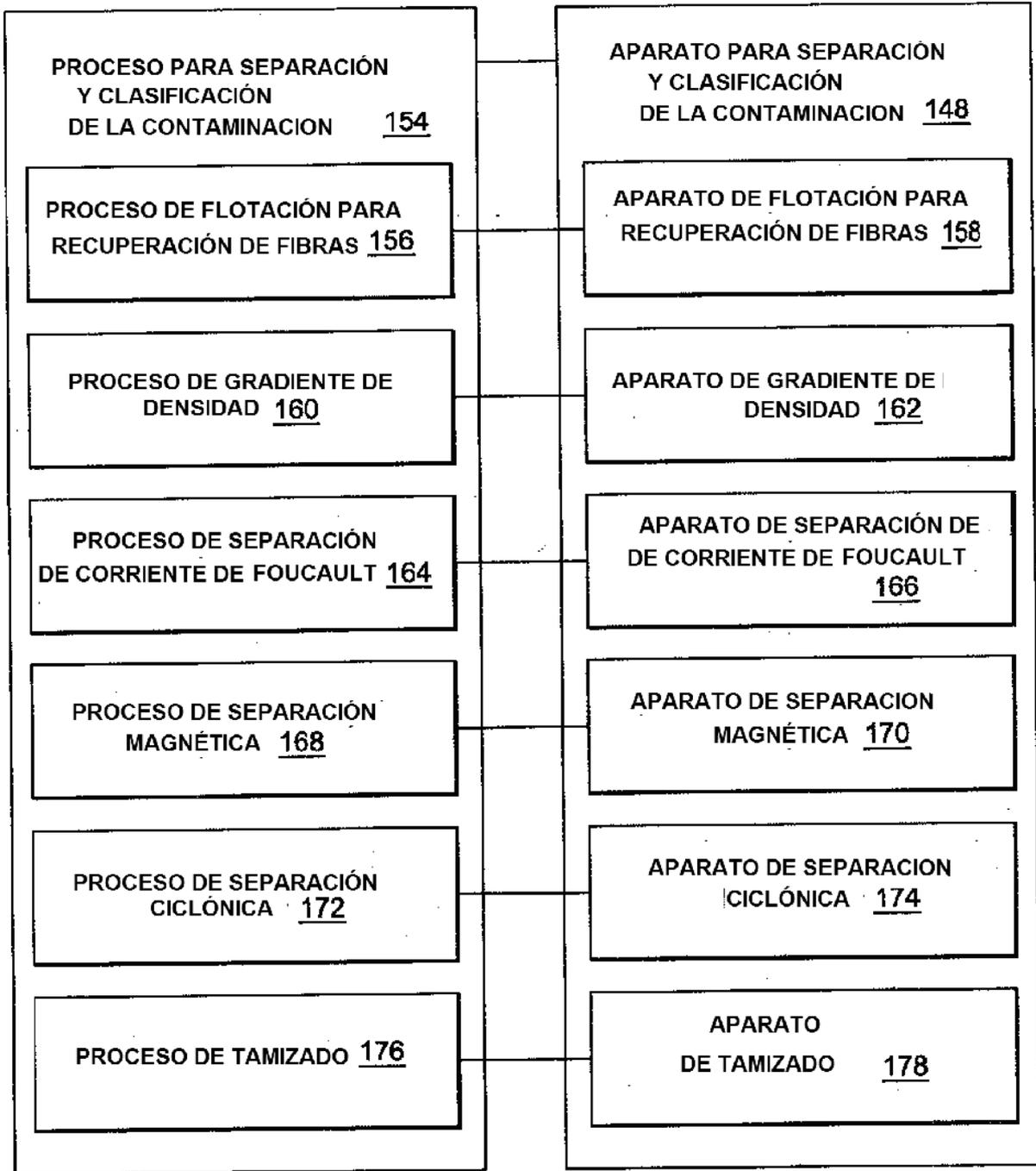


FIG. 10

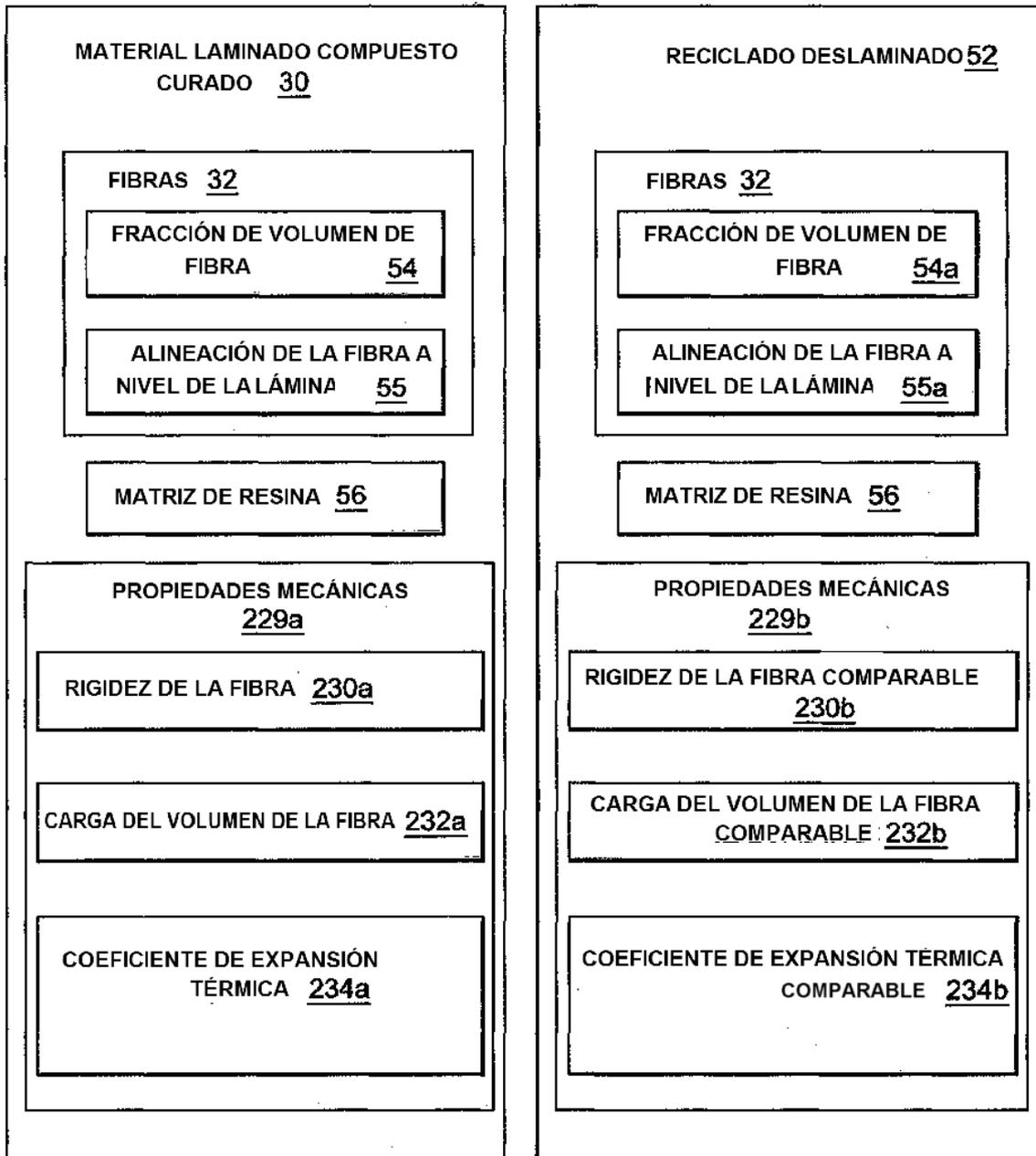


FIG. 11

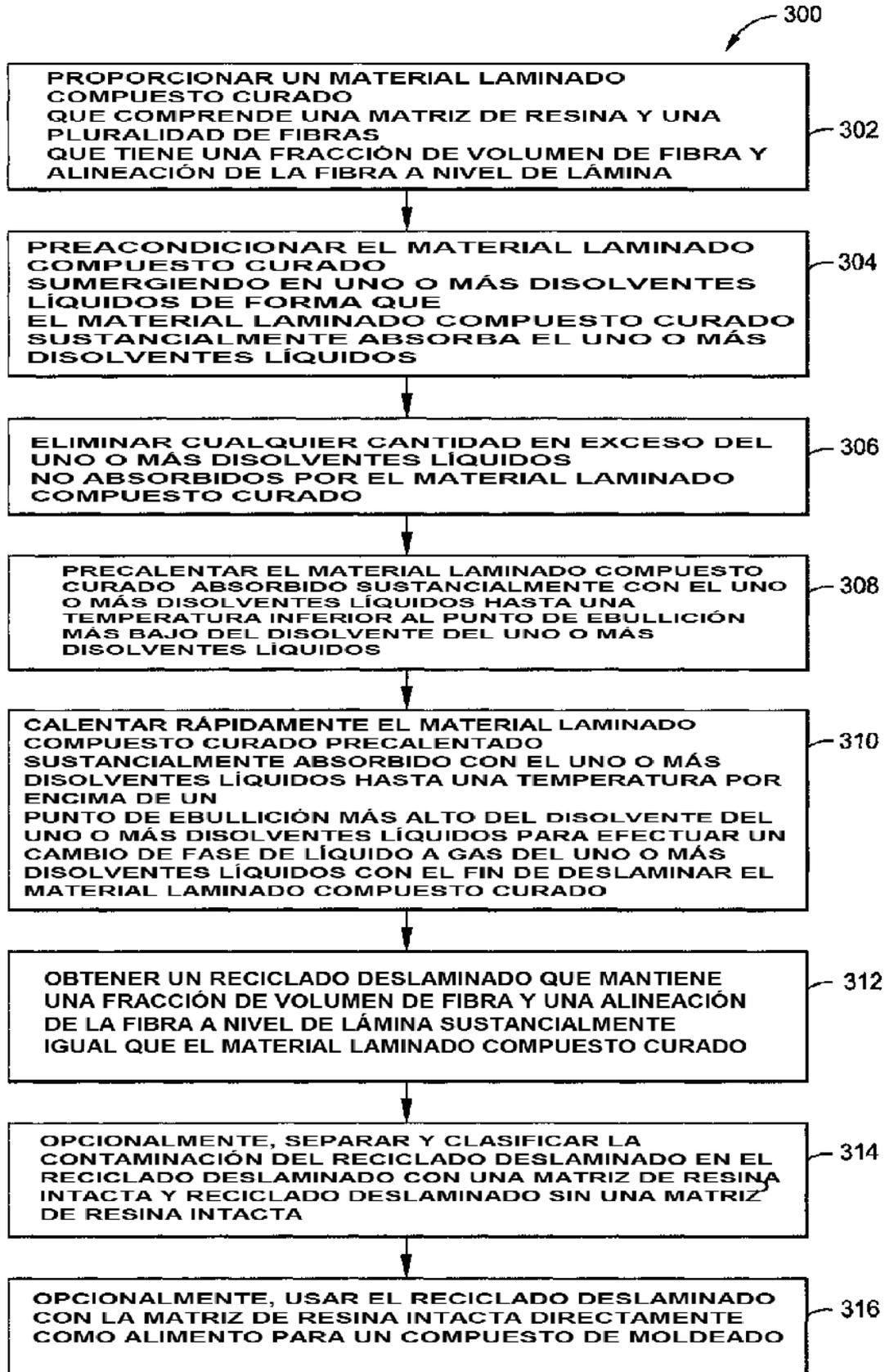


FIG. 12

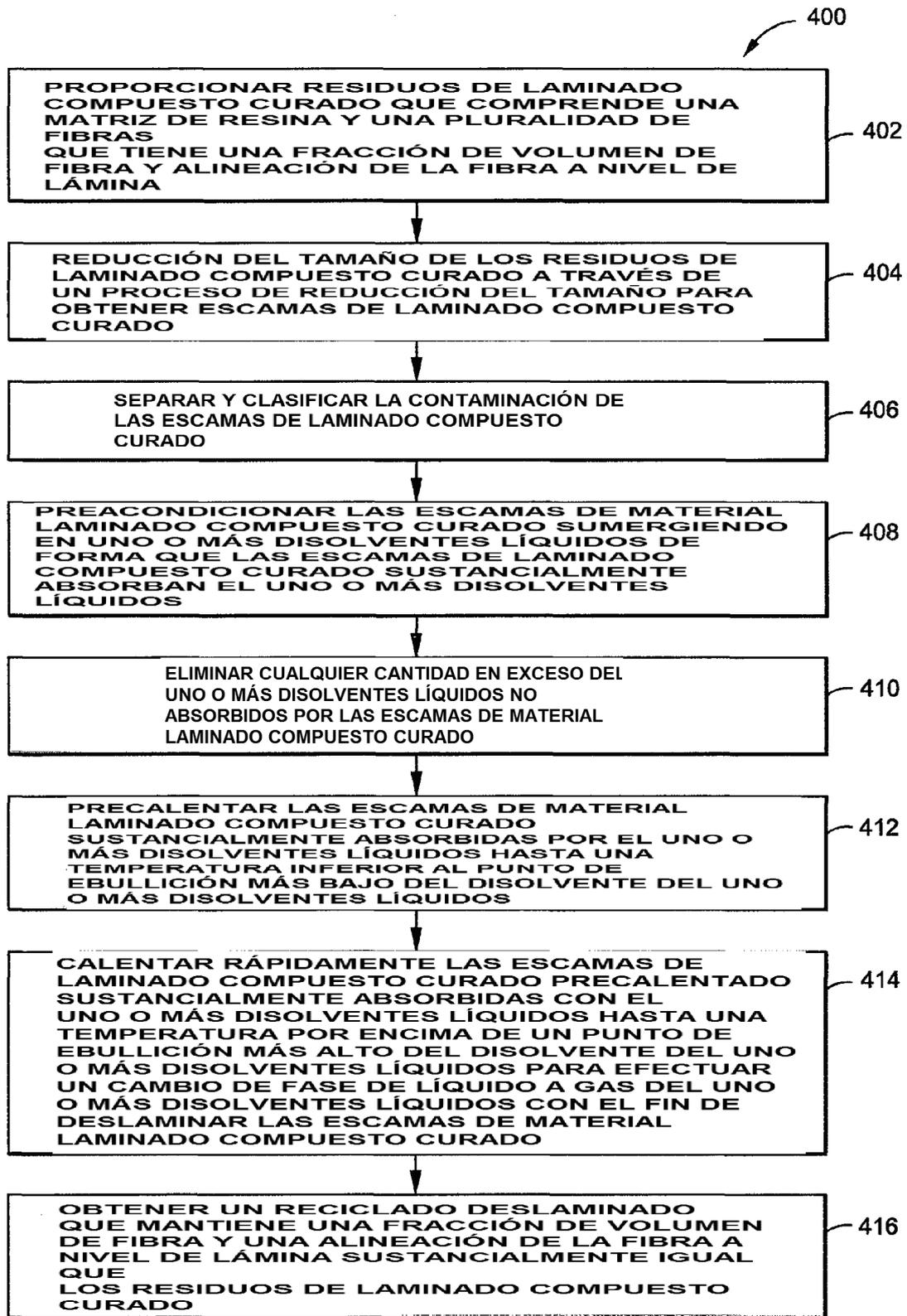


FIG. 13A



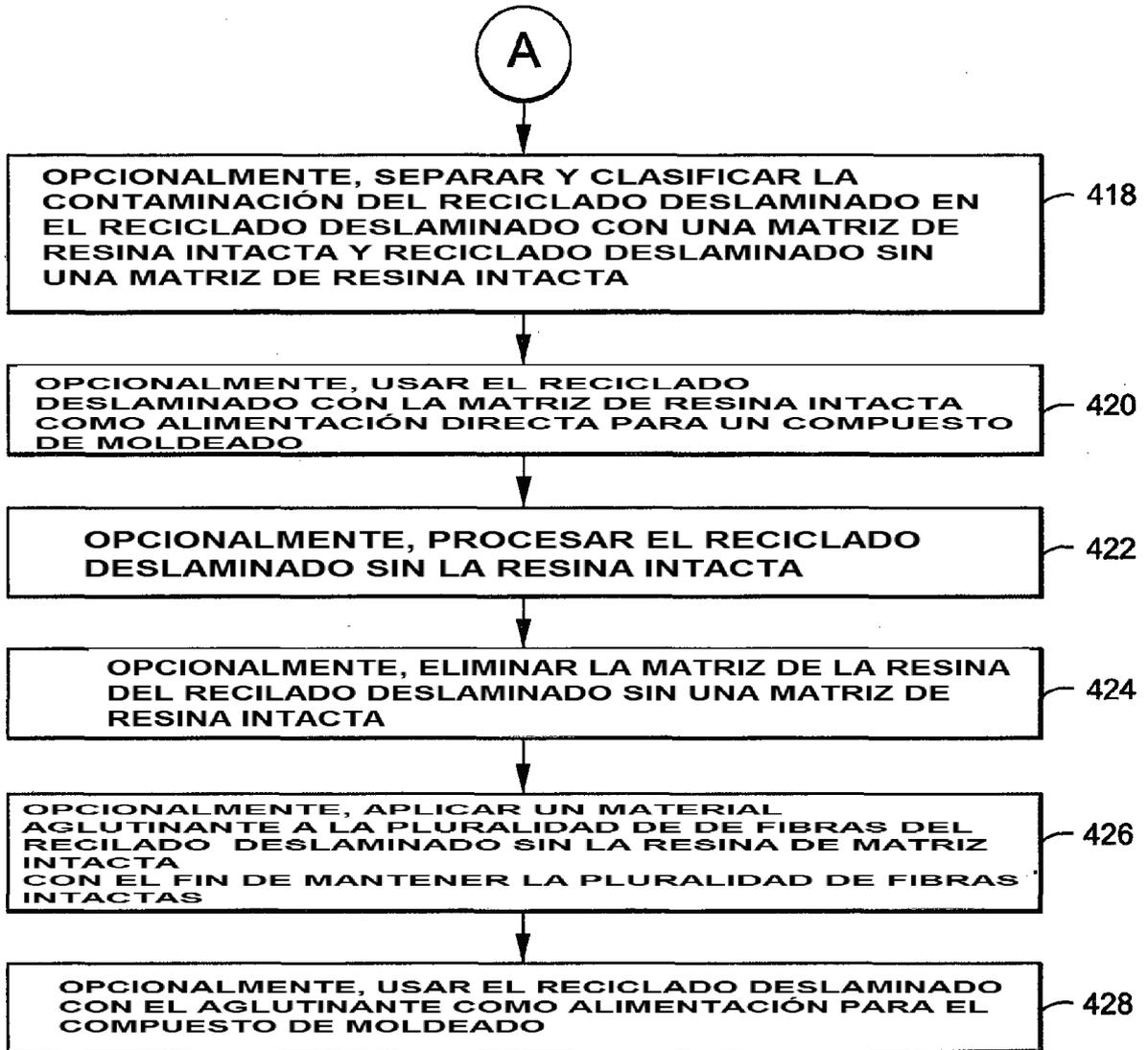


FIG. 13B

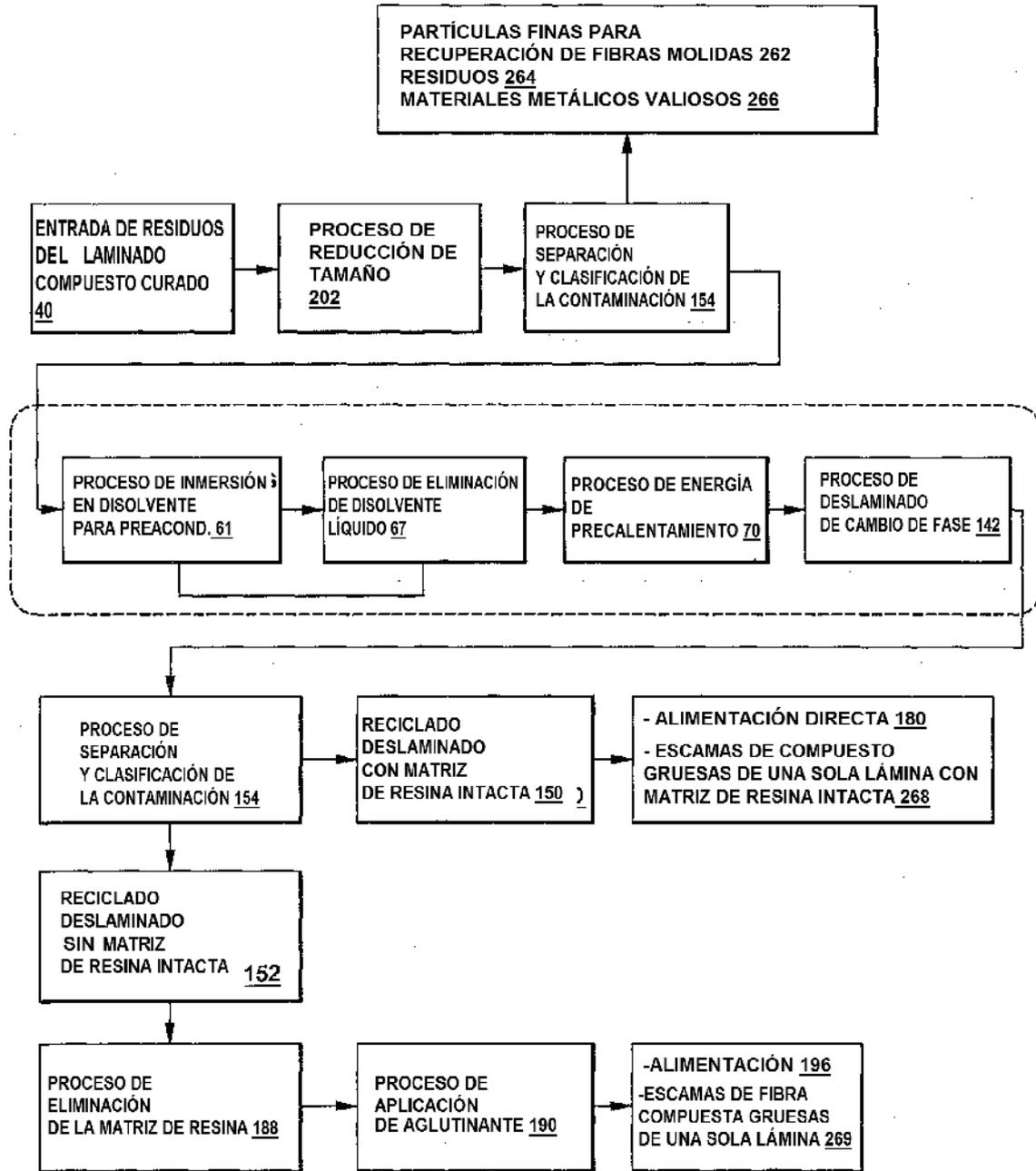


FIG. 14

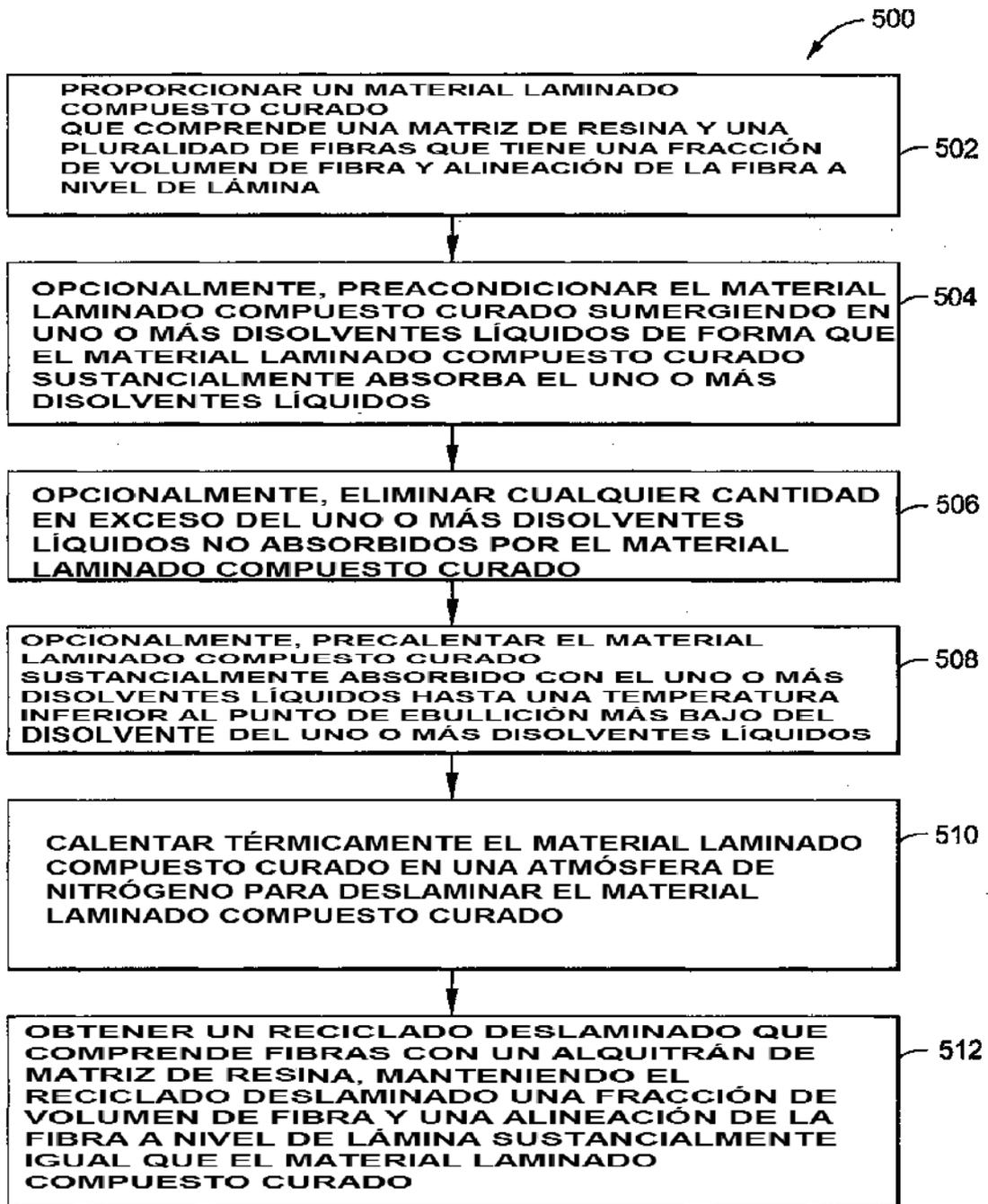


FIG. 15

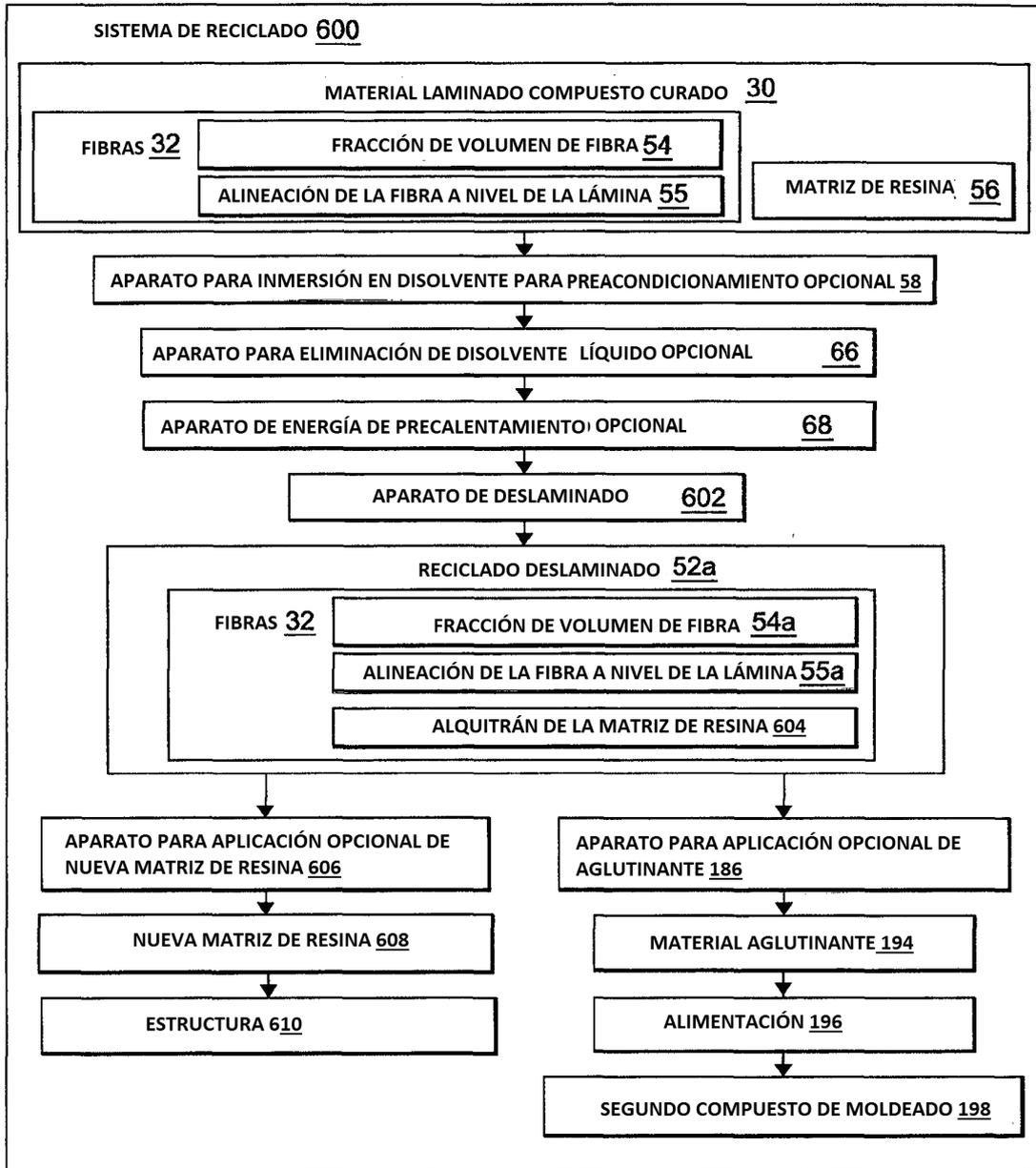


FIG. 16

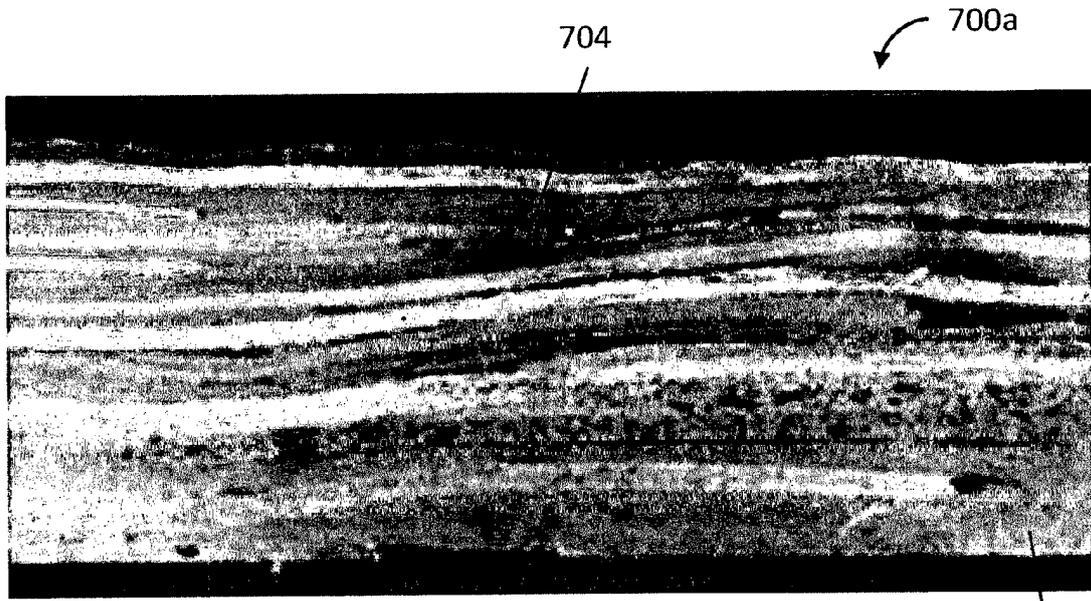


FIG. 17A

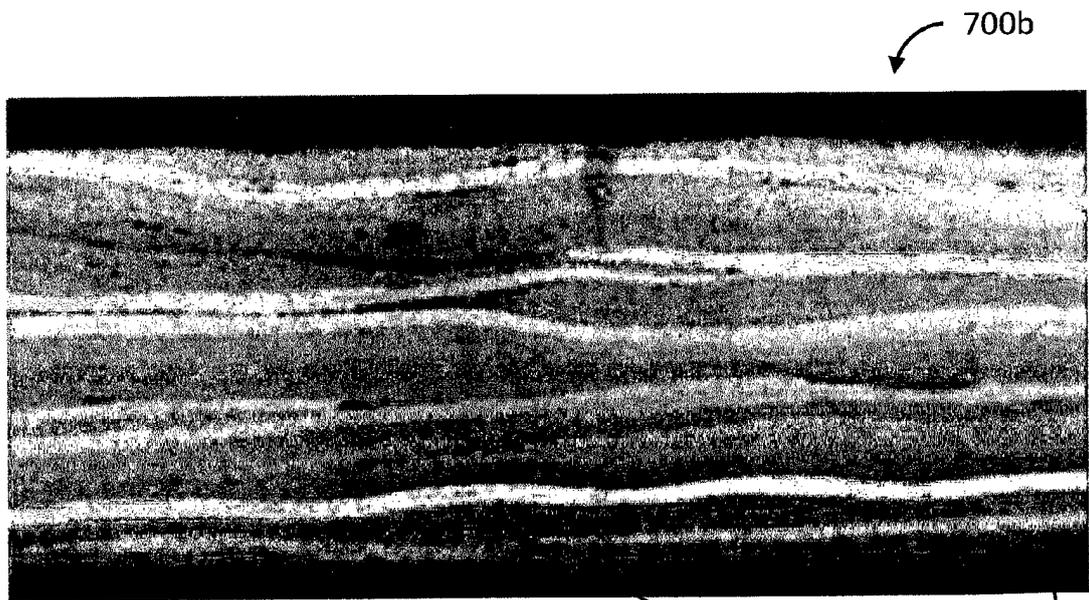


FIG. 17B