

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 314**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/56 (2006.01)

G01N 3/24 (2006.01)

G01N 33/44 (2006.01)

G01N 19/04 (2006.01)

G01N 33/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2021** **E 21382070 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2023** **EP 4035875**

54 Título: **Método para determinar la energía de despegado de un laminado compuesto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.04.2024

73 Titular/es:

AIRBUS OPERATIONS, S.L.U. (100.0%)
Av. John Lennon s/n
28906 Getafe (Madrid), ES

72 Inventor/es:

MENÉNDEZ MARTÍN, JOSÉ MANUEL;
LÓPEZ BRAVO, DAVID;
ALVARO GORDO, JAGOBA y
MARTIN REDONDO, RAÚL

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 966 314 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para determinar la energía de despegado de un laminado compuesto

Descripción

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a la fabricación automatizada de laminados compuestos para estructuras, preferiblemente estructuras de una aeronave, usando máquinas de tendido. Más particularmente, la invención se refiere a un método para determinar la energía de despegado entre capas de un laminado de material compuesto por medio de una máquina de tendido. La presente invención también se refiere a una máquina de tendido para realizar dicho método.

10 Antecedentes de la invención

La capacidad de un material para adherirse a sí mismo, por ejemplo, entre sus capas o a una superficie sólida, se conoce como pegajosidad o adhesividad. Esta capacidad es una propiedad relevante para una amplia gama de aplicaciones y materiales industriales. Específicamente, esta capacidad de un material para adherirse a sí mismo o a otra superficie es una propiedad extremadamente importante para la fabricación de laminados compuestos reforzados con fibras, también llamados laminados compuestos. Estos laminados compuestos se fabrican por medio de máquinas de tendido de cintas automático (ATL) o máquinas de colocación de fibras automática (AFP).

Es un factor clave automatizar la operación de depósito de una primera capa sobre una herramienta de tendido, pero también es un factor crítico que acciona la productividad del proceso de depósito del resto de capas de un laminado y define la calidad final de la parte de laminado compuesto. El depósito de la primera capa de un laminado compuesto es siempre complejo debido a las especificidades de las superficies de las herramientas usadas para esta operación sobre las que se deposita esta primera capa. Estas herramientas de tendido son en la mayoría de los casos herramientas de curado con características muy restrictivas ligadas a esta función.

25 Cuando en la fabricación de laminado compuesto se usan refuerzos preimpregnados (preimpregnados), la adhesividad o adherencia del material a sí mismo o a la herramienta de tendido está ligada principalmente a las propiedades de la resina que impregna el refuerzo fibroso y al nivel de impregnación del refuerzo. Esta adhesividad o adherencia también está ligada a las particularidades de la impregnación, las especificidades del refuerzo en sí mismo, la presión y energía térmica aplicada durante el proceso de deposición, las condiciones ambientales, el envejecimiento del material antes y después del proceso de deposición, y otros.

30 Por otra parte, cuando se usan refuerzos de fibra seca en la fabricación de laminados compuestos, la adhesividad o adherencia del material está ligada principalmente a las características de un aglutinante (termoestable o termoplástico) y/o de un velo (termoplástico) aplicado sobre la superficie del refuerzo. Esta adhesividad o adherencia también está ligada a la presión y a la energía térmica aplicada durante el proceso de deposición, las especificidades del refuerzo, las condiciones ambientales, etc.

35 En ambos casos anteriores, la adhesividad o adherencia es crítica en la aplicación de la primera capa del laminado sobre la herramienta de tendido, y el material de la herramienta de tendido, las características de su superficie (rugosidad de superficie, preparación de superficie, presencia de aditivos) y su temperatura son factores clave para la correcta adherencia del refuerzo. Además, también es crítica la adhesividad o adherencia en la aplicación del resto de capas del laminado sobre otras capas, y el material de estas otras capas, las características de su superficie y su temperatura también se tienen en cuenta para la adherencia entre capas en el laminado.

40 Se conocen procedimientos y dispositivos estándar para medir cuantitativamente o estimar cualitativamente la adhesividad de diferentes materiales, específicamente para el caso de películas adhesivas y preimpregnados. Por ejemplo, existe una prueba de adhesividad de bola rodante denominada Método de Prueba Estándar para la Adhesividad del Adhesivo Sensible a la Presión mediante Bola Rodante, en donde la adhesividad se relaciona con la distancia que recorre una bola a lo largo de una superficie adhesiva. Además, existe una prueba de adhesividad en bucle llamada Medición de adhesividad de adhesivos para adhesivos sensibles a la presión - Determinación de la adhesividad en bucle, en donde la adhesividad se relaciona con la energía requerida para despegar el bucle de una superficie.

50 El documento JP2004177277-A describe un dispositivo de prueba de adhesivo de cinta preimpregnada que mide la carga requerida para desplazar un asiento montado con preimpregnado que está contactando una estructura similar a una varilla.

No obstante, estos procedimientos y dispositivos conocidos tienen los siguientes inconvenientes para su uso en un entorno industrial:

- Están orientados a ser usados en un entorno de laboratorio.
- Requieren el uso de aparatos y procedimientos complejos y de personal cualificado.

- Los resultados de la prueba son altamente dependientes de las condiciones de la prueba y del personal implicado.
- Las pruebas requieren la extracción de muestras testigo. De este modo, la representatividad está ligada a la cantidad de muestras por lote y a cómo se seleccionan. Se debería considerar un equilibrio adecuado entre esfuerzo y beneficio para minimizar los impactos en el tiempo y el coste de producción.

5 - Debido a su complejidad, las pruebas generalmente se realizan solamente en el emplazamiento del proveedor del material, o cuando el material se recibe en el emplazamiento del cliente, pero casi nunca en producción. De este modo, no se consideran el envejecimiento del material durante su almacenamiento a baja temperatura, el envejecimiento durante su templado y almacenamiento a temperatura ambiente, el envejecimiento durante las operaciones de fabricación, los cambios en las condiciones ambientales durante la fabricación (por ejemplo, la humedad relativa tiene una gran variación a lo largo de las 24 horas del día, incluso en una sala blanca).

10 Por lo tanto, los datos de adhesividad obtenidos no son suficientemente representativos de las condiciones reales del material usado en producción.

15 Además, la disponibilidad de datos de proceso fiables, incluidos los datos de adhesividad, es relevante para permitir mantener la máquina en una ventana de proceso óptima, evitando la intervención continua del operador para mantener la máquina en condiciones aceptables en base a un juicio subjetivo, fuertemente dependiente del operador y de su experiencia.

20 Específicamente, la disponibilidad de datos de adhesividad o adherencia sería un claro facilitador para la implementación de sistemas de fabricación avanzados tanto para refuerzos de fibra seca como preimpregnados que, ligados a métodos de aprendizaje por máquina, permitirían que los conceptos de fabricación requieran soporte en entornos de producción de ritmo alto.

La presente invención proporciona un nuevo método para determinar automáticamente la adhesividad o adherencia en un material compuesto en condiciones reales por medio de una máquina de tendido que es la misma que fabrica el laminado compuesto.

Compendio de la invención

25 La presente invención proporciona una solución a los problemas antes mencionados. La invención propone un método para determinar la energía de despegado entre capas de un laminado según la reivindicación 1 y una máquina de tendido según la reivindicación 13.

30 En un primer aspecto inventivo, la invención proporciona un método para determinar una energía de despegado entre una primera capa y una segunda capa de un laminado de material compuesto por medio de una máquina de tendido que comprende al menos un efector final, el método que comprende los siguientes pasos:

a) despegar al menos parte de la segunda capa de la primera capa mediante al menos un movimiento de un componente del efector final de la máquina de tendido que hace que se tire de la segunda capa con relación a la primera capa,

35 b) medir al menos una fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa y al menos el movimiento de tracción de un componente del efector final durante el paso a), y

c) determinar la energía de despegado entre la primera y segunda capa en base a al menos en la fuerza de tracción medida y el movimiento de tracción medido.

40 La presente invención proporciona un método para determinar la energía de despegado en un laminado de material compuesto por medio de una máquina de tendido. Esta energía de despegado que se determina representa la adhesividad o adherencia de los materiales que conforman el laminado de material compuesto. En particular, el presente método determina la energía de despegado entre al menos dos capas, específicamente una primera y una segunda capa. A lo largo de este documento, se entenderá que el laminado y específicamente estas primera capa y segunda capa pueden estar hechas de, o pueden comprender, un material compuesto reforzado con fibras, más particularmente con refuerzos preimpregnados o con refuerzos de fibras secas.

45 La primera capa y la segunda capa de material compuesto se adaptan a un laminado de material compuesto de modo que cuando estas primera y segunda capas se laminan mediante una máquina de tendido, se proporciona una unión entre estas primera capa y segunda capa. El laminado puede comprender más de dos capas.

50 Para determinar la energía de despegado entre dos capas de material compuesto, se realizan mediciones tendiendo el material compuesto mediante un efector final de una máquina de tendido y realizando una rutina de despegado. El efector final es el componente de la máquina de tendido encargado de llevar a cabo la laminación o deposición del material o bien en forma de cinta o bien de estopa. Es decir, el material compuesto se puede depositar como cintas por medio de una máquina de tendido de cintas automático (ATL), o como estopas por medio de una máquina de colocación de fibras automática (AFP). A lo largo de este documento, una capa de un laminado compuesto se

entenderá como una capa de material que comprende una cinta o una estopa de material compuesto reforzado con fibra o una pluralidad de cintas o estopas de material compuesto reforzado con fibra.

5 Específicamente, se aplican fuerzas al material compuesto bajo prueba y se miden los movimientos de los componentes del efector final para determinar la energía de despegado entre capas del material compuesto. Con los datos obtenidos de las mediciones, se determina la energía de despegado del laminado de material compuesto en las condiciones probadas para conocer la adhesividad o adherencia de este material compuesto particular en el laminado.

10 El presente método comprende un paso a) de despegar al menos parte de la segunda capa de la primera capa tirando de la segunda capa con relación a la primera capa. Para tirar de la segunda capa desde la primera capa se realiza al menos un movimiento del efector final de la máquina de tendido o de al menos un componente del efector final. Es decir, moviendo al menos un componente del efector final, se tira de la segunda capa con relación a la primera capa de modo que al menos parte de la segunda capa se despegue de la primera capa.

15 El movimiento del efector final o de un componente del efector final puede ser una traslación a lo largo de una o más direcciones, una rotación alrededor de uno o más ejes o cualquier combinación de traslación o traslaciones y de rotación o rotaciones. Uno o varios componentes del efector final, o todo el efector final, se pueden mover para tirar de la segunda capa. La tracción resultante sobre la segunda capa tiene al menos un componente no nulo a lo largo de una dirección ortogonal al plano del laminado - o a una tangente local del laminado.

20 El paso a) de despegado se realiza una vez que tanto la primera como la segunda capas ya están laminadas al menos parcialmente. Específicamente, previamente al paso a), la primera capa se lamina sobre una herramienta de tendido o una placa de prueba u otra capa de material compuesto, y luego la segunda capa se lamina sobre la primera capa.

25 En un método según la invención, mientras se lleva a cabo el paso de despegado se miden una fuerza de tracción y un movimiento de tracción. En particular, el método comprende un paso b) de medir una fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa y un movimiento de tracción correspondiente de al menos un componente del efector final de la máquina de tendido que se mueve en el paso a). Esta fuerza de tracción y este movimiento de tracción hacen que al menos parte de la segunda capa se despegue de la primera capa. Este paso b) de medición se puede llevar a cabo simultáneamente con el paso a) de despegado.

30 En realizaciones en donde el movimiento de un componente del efector final es una traslación de dicho componente, o bien de forma aislada o bien como resultado de la traslación de todo el efector final, el movimiento de tracción medido en el paso b) es un desplazamiento de dicho componente. En realizaciones en donde el movimiento de un componente del efector final es una rotación de dicho componente, el movimiento de tracción medido en el paso b) es una rotación de dicho componente. En realizaciones en donde el movimiento de un componente del efector final comprende una traslación y/o una rotación de uno o más componentes, el paso b) puede comprender medir un desplazamiento y/o una rotación de dicho uno o más componentes.

35 Además, el método comprende un paso de determinar la energía de despegado entre la primera capa y la segunda capa. La energía de despegado se calcula integrando la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa a lo largo de un desplazamiento relativo durante el despegado. En la realización particular en donde el movimiento aplicado en el paso a) es un desplazamiento de un componente del efector final, el desplazamiento relativo entre el componente del efector final y la primera capa se tiene en cuenta para calcular la energía de despegado. En la realización particular en donde el movimiento aplicado en el paso a) es una rotación, esta rotación proporciona un desplazamiento de una longitud de material compuesto, y es este desplazamiento el que se tiene en cuenta al calcular la energía de despegado como se ha mencionado antes. En particular, la energía de despegado se determina en base a al menos la fuerza de tracción y el movimiento de tracción medidos durante el despegado de al menos parte de la segunda capa de la primera capa del laminado. Además, la energía de despegado se puede normalizar dividiendo esta energía de despegado por la superficie del material despegado o por la longitud del material despegado para una anchura predeterminada de la cinta/estopa de material.

40 La presente invención permite el uso de un efector final de una máquina de tendido para determinar automáticamente la energía de despegado de un laminado de material compuesto sin modificar la máquina de tendido, sino solamente programando una rutina que se ejecutaría por un control numérico de tal máquina de tendido. Es decir, no es necesaria ninguna modificación mecánica de la máquina de tendido, de manera que se pueda usar una máquina de tendido existente para realizar el método según la invención. La modificación de la programación de una unidad de control de la máquina de tendido permite obtener una máquina según la invención. Esta operación se puede realizar automáticamente por una máquina de tendido o bajo demanda como parte de los procedimientos de fabricación estándar.

55 Por lo tanto, ventajosamente, el presente método permite evaluar la adhesividad o adherencia entre capas de material compuesto por medio de la misma máquina de tendido que lleva a cabo la laminación de estas capas de material compuesto. Al mismo tiempo que se están laminando dos capas de material compuesto, se puede

determinar su energía de despegado (como representativa de la adhesividad o adherencia), y este resultado de adhesividad es muy fiable, dado que se tienen en cuenta las condiciones reales de tendido.

5 En comparación con el estado de la técnica anterior, la presente invención propone una solución en la que la energía de despegado se puede determinar por medio de la máquina de tendido en sí misma sin la necesidad de llevar a cabo pruebas por medio de otras herramientas.

Además, la presente invención permite ventajosamente realizar el método para determinar la energía de despegado de un material en un entorno de fabricación sin necesidad de que se realice en un laboratorio.

10 Dado que el presente método se realiza por máquinas de tendido ya conocidas, aunque con algunos ajustes como propone la invención, no es necesario usar aparatos complejos ni personal cualificado para determinar la energía de despegado de un material.

Por lo tanto, la presente invención proporciona un método que determina ventajosamente la energía de despegado que es representativa de los datos de adhesividad en las condiciones reales del material usado en la fabricación.

En una realización particular, el método comprende, además, antes del paso a):

- tender una primera capa de material compuesto mediante el efector final de la máquina de tendido, y
- 15 - tender una segunda capa de material compuesto sobre la primera capa mediante el efector final de la máquina de tendido.

20 En primer lugar, se lamina una primera capa de material compuesto por el efector final sobre una superficie (que corresponde a una superficie de una herramienta de tendido o a una placa de prueba o a otra capa de material compuesto), y luego también se lamina una segunda capa de material compuesto por el efector final sobre la primera capa. El efector final de la máquina de tendido está configurado para cortar la primera capa una vez que esté completamente depositada, y luego comienza a depositar o laminar la segunda capa sobre la primera capa.

25 En una realización particular, antes del paso a) el efector final de la máquina de tendido detiene la laminación de la segunda capa sobre la primera capa y, sin cortar la segunda capa, el efector final libera una longitud predefinida de material compuesto adicional como continuación de la segunda capa de material compuesto ya laminado, y el efector final se desplaza a una posición predeterminada.

30 Según esta realización, una vez que al menos parte de la segunda capa está laminada sobre la primera capa, el efector final de la máquina de tendido detiene la laminación de la segunda capa y, sin cortar esta segunda capa, el efector final libera una longitud predefinida de material compuesto adicional en forma de cinta o estopa, según corresponda. Esta longitud de material compuesto adicional liberado corresponde a una continuación de la segunda capa que no está laminada. Después de esto, el efector final de la máquina de tendido se desplaza a una posición predeterminada. Como resultado del desplazamiento del efector final a una posición predeterminada, el material compuesto liberado puede estar en tensión o se puede estirar entre la parte laminada de la segunda capa y la posición a la que se movió el efector final. No obstante, en caso de que este no sea el caso, el método comprende aplicar tensión a la longitud predefinida liberada de material compuesto mediante una rutina de movimiento del efector final. Esta rutina de movimiento es preferiblemente una traslación o un desplazamiento, en particular una traslación con un componente distinto de cero ortogonal al plano del laminado. Se aplica tensión a esta longitud predefinida liberada de material compuesto de modo que la segunda capa se pueda despegar, al menos parcialmente, de la primera capa al menos por medio de al menos mover (es decir, desplazar y/o girar) un componente del efector final y tirar de la segunda capa con relación a la primera capa.

35 Una vez que el material compuesto liberado se estira o está en tensión, entonces el efector final de la máquina de capas o al menos un componente de la misma comienza a moverse con relación a la primera capa. Por ejemplo, el efector final se puede mover hacia arriba o hacia atrás, uno o varios componentes del efector final se pueden desplazar o girar, o una combinación de lo anterior. Este movimiento hace que la segunda capa sea despegada de la primera capa. La fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa y el movimiento de tracción realizado por el efector final o por al menos un componente del mismo se miden para determinar la energía de despegado entre la primera y la segunda capas.

40 En una realización particular, el paso a) comprende desplazar el efector final con relación a la primera capa de manera que un elemento loco del efector final se desplace en consecuencia y la segunda capa se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa, y el paso b) comprende medir el desplazamiento del elemento loco con relación a la primera capa y la fuerza de tracción proporcionada por el elemento loco como resultado de su desplazamiento.

45 Las máquinas de tendido conocidas comprenden un elemento loco que está configurado para mantener una tensión de tendido constante en el efector final y que permite compensar efectos transitorios. El movimiento del elemento loco se puede gestionar mediante un elemento de resorte. En una realización más particular, el desplazamiento del elemento loco se mide mediante un sensor de transformador diferencial de variable lineal (LVDT) situado en el

efector final de la máquina de tendido. Debido a un movimiento del efector final hacia arriba o hacia atrás o una combinación de ambos, el elemento loco del efector final se desplaza y, en consecuencia, la segunda capa se despega, al menos parcialmente, de la primera capa. En este caso particular, el movimiento de tracción de un componente del efector final, que se mide en el paso b), corresponde al desplazamiento del elemento loco con relación a la primera capa, y la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa que también se mide en el paso b) corresponde a una fuerza de tracción proporcionada por este elemento loco como resultado de su movimiento.

En una realización más particular, el paso b) comprende medir un par en un carrete de material del efector final como resultado del movimiento del efector final.

El efector final de la máquina de tendido comprende además un carrete de material, por ejemplo, un carrete de cinta o de estopa, configurado para almacenar el material compuesto a ser laminado. En este sentido, la máquina de tendido tiende el material compuesto almacenado en este carrete de material por medio del movimiento del efector final. Específicamente, el material compuesto se enrolla en el carrete de material, de modo que, para la laminación, este material compuesto se desenrolle del carrete de material para ser depositado como una capa.

En esta realización, el par aplicado por el carrete de material también se mide como resultado del movimiento del efector final para determinar la energía de despegado entre capas de material compuesto como representativa de la adhesividad o adherencia de este material compuesto. Es decir, en el paso b) la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa corresponde a la fuerza de tracción proporcionada por el elemento loco como resultado de su movimiento y al par aplicado por el carrete de material. En este caso, tanto la fuerza de tracción proporcionada por el elemento loco como el par en el carrete de material se miden en el paso b) del presente método. En una realización más particular, el par en el freno del carrete de material también se puede medir por el presente método.

En una realización particular, la paso a) comprende rebobinar, sobre un componente del efector final de la máquina de tendido, material compuesto ya desenrollado que es una continuación del material compuesto de la segunda capa ya laminada de modo que la segunda capa se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa, y el paso b) comprende medir la rotación del componente y el par aplicado sobre el mismo componente.

Como alternativa al desplazamiento del efector final o en combinación con este desplazamiento del efector final, en esta realización el método también comprende rebobinar material ya desenrollado. En particular, el material compuesto ya desenrollado es una continuación del material compuesto de la segunda capa dado que el material compuesto de esta segunda capa no se corta una vez que una parte de esta segunda capa ya está laminada. De este modo, una parte del material compuesto de la segunda capa se lamina, otra parte se desenrolla a través del efector final y el resto se enrolla sobre un componente del efector final. Esta operación de rebobinar material compuesto ya desenrollado hace que la segunda capa sea despegada, al menos parcialmente, de la primera capa. Cuando esto ocurre, el método mide la rotación del componente al que se rebobina el material y el par aplicado al mismo componente con el fin de determinar la energía de despegado. En este caso, la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa, que se mide en el paso b), corresponde al par aplicado por el componente del efector final dividido por la distancia entre el centro del componente y el punto de aplicación del par en tal componente. Además, para determinar la energía de despegado, dicho par dividido por la distancia entre el centro del componente y el punto de la aplicación del par en el componente se multiplica por la longitud de material rebobinado por tal componente del efector final.

Además, el movimiento de tracción, también medido en el paso b), corresponde a la rotación de dicho componente del efector final. A partir de esta rotación medida se determina el desplazamiento de una longitud de material compuesto. Además, el método también puede considerar la longitud de material compuesto que ya está enrollada en dicho componente antes del rebobinado para determinar una longitud más precisa. Esta longitud del material se usa entonces para calcular la energía de despegado en el paso c).

Este componente sobre el que se puede rebobinar el material compuesto puede ser un carrete de material (descrito anteriormente) o un sistema de adición. El sistema de adición también está comprendido en el efector final de la máquina de tendido y está configurado para alimentar material compuesto en el efector final para preparar el tendido del siguiente trayecto. Este sistema de adición también está configurado para rebobinar material bajo demanda o como un dinamómetro. En el caso donde el sistema de adición se use como un dinamómetro, este sistema de adición está configurado para medir la tensión aplicada al material compuesto midiendo el par resultante en este sistema de adición.

En una realización más particular, el componente del efector final sobre el cual se rebobina el material compuesto es un carrete de material y el rebobinado de material compuesto por este carrete de material causa el desplazamiento de un elemento loco del efector final y el despegado de al menos parte de la segunda capa de la primera capa, y el paso b) también comprende medir el desplazamiento del elemento loco. Es decir, cuando el material compuesto se rebobina por un carrete de material, el elemento loco se puede desplazar en consecuencia y la segunda capa se despegue de la primera capa. En esta realización particular, la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa corresponde al par aplicado por el material del carrete, y el movimiento de tracción de un componente del efector final corresponde a la rotación del material del carrete y el desplazamiento del elemento loco, dicha fuerza, rotación y desplazamiento que se miden en el paso b) del presente método para determinar la energía de despegado.

- En una realización particular, el laminado se lamina sobre una placa de prueba que comprende medios de medición de fuerza, y el paso b) comprende medir, por los medios de medición de fuerza, la fuerza de tracción aplicada sobre el laminado mientras que la segunda capa se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa. Dado que el material compuesto se lamina sobre una placa de prueba con medios de medición de fuerza, cuando la segunda capa se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa, la fuerza aplicada a la segunda capa se mide a lo largo del tiempo por los medios de medición de fuerza. En esta realización, la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa a ser despegada de la primera capa corresponde a la fuerza medida por los medios de medición de fuerza comprendidos en la placa de prueba. En una realización más particular, los medios de medición de fuerza son un dinamómetro.
- 5
- 10 Según la realización particular anterior, el presente método comprende además bloquear un sistema de adición para aplicar tensión al material compuesto y desplazar el efector final con relación a la primera capa de modo que la segunda capa se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa. En esta realización, el movimiento de tracción de un componente del efector final corresponde al desplazamiento del efector final en sí mismo, y este desplazamiento también se mide en el paso b).
- 15 En una realización particular, la segunda capa forma un ángulo de tracción con respecto a la primera capa durante el despegado en el paso a), en donde el ángulo de tracción es diferente de 0.
- Como ya se ha descrito anteriormente, una parte del material se lamina como segunda capa sobre la primera capa y otra parte del material se libera del efector final y corresponde a material desenrollado. Este material desenrollado o material liberado es una continuación de la segunda capa (sin ser laminada) que forma un ángulo de tracción con respecto a la primera capa. Este ángulo de tracción corresponde al ángulo con el que se tira, o se desplaza, de la segunda capa con relación a la primera capa a ser despegada de esta primera capa. El ángulo de tracción es diferente de 0 para asegurar que sea posible separar la segunda capa de la primera capa, es decir, tener al menos una componente ortogonal no nula (con relación a la superficie laminada) de la fuerza de tracción en el punto de separación entre la segunda capa y la primera capa.
- 20
- 25 En una realización particular, el método comprende además medir al menos una condición ambiental y/o al menos una condición del proceso.
- La condición ambiental puede ser la temperatura y/o la humedad relativa en la sala donde se realiza el presente método. Algunas de las condiciones del proceso son la energía aplicada con el calentador de la máquina de tendido, la temperatura de tendido que corresponde a la temperatura en un punto de contacto donde el material compuesto se presiona contra la superficie donde se deposita, el tiempo entre el tendido y el despegado del material compuesto y la velocidad de despegado.
- 30
- Las condiciones ambientales y/o del proceso se consideran junto con la energía de despegado determinada como representativas, de una forma más precisa y fiable, de la adhesividad o adherencia de los materiales compuestos que conforman el laminado de material compuesto.
- 35 En una realización particular, la energía de despegado se determina en el paso c) por una unidad de procesamiento de la máquina de tendido y se basa en las mediciones realizadas en el paso b). En esta realización, la máquina de tendido comprende además una unidad de procesamiento configurada para procesar los datos medidos durante el paso de despegado, y opcionalmente otros parámetros como condiciones ambientales y/o del proceso, y para determinar en base a estas mediciones la energía de despegado (como representativa de la adhesividad o adherencia del material compuesto).
- 40
- En una realización, el presente método comprende además un paso de registrar los datos medidos en el paso b) y los datos determinados en el paso c). En este sentido, se puede generar una base de datos con el fin de almacenar los datos obtenidos probando la adhesividad o adherencia de materiales compuestos particulares con condiciones específicas.
- 45 De este modo, si existe una base de datos de datos de adhesividad o adherencia que se han obtenido probando el mismo material compuesto con diferentes niveles de envejecimiento en las mismas condiciones ambientales y de proceso, es posible correlacionar los resultados de la prueba con la base de datos para determinar las condiciones reales del material compuesto.
- Además, si existe una base de datos con datos de adhesividad que se han obtenido probando el mismo material compuesto con diferentes niveles de envejecimiento en diferentes condiciones ambientales y de proceso, y esos datos junto con las condiciones ambientales y/o de proceso, los parámetros de máquina de tendido y/o los datos de calidad de la estructura de material compuesto a ser fabricada que también se han registrado, es posible correlacionarlos para determinar el proceso óptimo adaptado a las condiciones del material compuesto.
- 50
- En un segundo aspecto inventivo, la invención proporciona una máquina de tendido configurada para realizar el método según el primer aspecto inventivo, la máquina de tendido que comprende:
- 55
- un efector final configurado para laminar material compuesto, el efector final que comprende:

- un carrete de material configurado para desenrollar y rebobinar el material compuesto, o
- un elemento loco, el elemento loco que es movable para mantener una tensión constante del material compuesto, o
- cualquier combinación de lo anterior;

- una unidad de procesamiento configurada para determinar la energía de despegado según el paso c) del método,

5 - un sensor de movimiento configurado para medir al menos el movimiento de tracción de un componente del efector final durante el despegado, y

- un sensor de fuerza configurado para medir al menos la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa durante el despegado.

10 La presente máquina de tendido está configurada para realizar un método para determinar la energía de despegado entre capas de material compuesto de un laminado. Esta máquina de tendido comprende un sensor de movimiento y un sensor de fuerza para permitir medir tanto el movimiento de tracción de un componente del efector final como la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa para despegar esta segunda capa de la primera capa. En base a estas mediciones que la máquina de tendido está configurada para tomar, la máquina de tendido también está configurada para determinar la energía de despegado del material compuesto mediante una unidad de procesamiento. El movimiento de tracción se puede realizar por uno o varios componentes del efector final, tal como

15 un elemento loco y/o un carrete de material, por el desplazamiento de todo el efector final, o por el desplazamiento y/o la rotación de cualquiera de los componentes del efector final en combinación con el desplazamiento del efector final en sí mismo.

20 En una realización particular, la máquina de tendido comprende además un sistema de adición para desenrollar y rebobinar material compuesto.

En una realización particular, la máquina de tendido comprende un sensor de par configurado para medir el par aplicado por un componente del efector final. Más específicamente, el par se mide en un carrete de material o en un sistema de adición.

25 En una realización particular, la máquina de tendido comprende una placa de prueba configurada para extender un laminado sobre ella, la placa de prueba que comprende medios de medición de fuerza configurados para medir la fuerza de tracción aplicada sobre el laminado mientras que la segunda capa se despega, al menos parcialmente, de la primera capa.

Descripción de los dibujos

30 Estas y otras características y ventajas de la invención llegarán a ser entendidas claramente a la vista de la descripción detallada de la invención que llega a ser evidente a partir de una realización preferida de la invención, dada solo como ejemplo y sin que esté limitada a la misma, con referencia a los dibujos.

Figura 1. Esta figura muestra una vista esquemática de un efector final de una máquina de tendido según una realización de la presente invención.

35 Figura 2. Esta figura muestra una vista esquemática del efector final de una máquina de tendido de la Figura 1 según una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

40 La presente invención proporciona un método para determinar la energía de despegado entre una primera capa (1) y una segunda capa (2) de un laminado (9) de material compuesto por medio de una máquina de tendido que comprende un efector final (10). Tanto la primera capa (1) como la segunda capa (2) están formadas por un material suministrado por la máquina de tendido y que se deposita o lamina por el efector final (10) de esta máquina de tendido.

45 Con el fin de determinar la energía de despegado, la segunda capa (2) se desprende, al menos parcialmente, de la primera capa (1) y para esto se desplaza al menos un componente del efector final (10) de modo que se aplica un desplazamiento al material compuesto de tal forma que se tira de la segunda capa (2) para que sea desprendida, al menos parcialmente, de la primera capa (1).

Las figuras 1-2 muestran un efector final (10) de una máquina de tendido de cinta/estopa según la invención, en particular, la figura 1 muestra el efector final (10) que deposita material compuesto (cinta/estopa) y la figura 2 muestra el efector final (10) configurado para comenzar a despegar la segunda capa (2) de la primera capa (1) según el presente método.

50 Según la figura 1, la máquina de tendido tiende el material compuesto almacenado en un carrete de material (3) (carrete de cinta/estopa) por medio del movimiento del efector final (10). La deposición de este material compuesto

se lleva a cabo sobre una superficie de una herramienta de tendido (11) y da como resultado un laminado (9) de material compuesto.

5 Un rodillo de presión (7) presiona la cinta/estopa de material en un punto de contacto (8) contra la primera capa (1) ya depositada, permitiendo la adherencia del material compuesto entre capas (1, 2). Al mismo tiempo que el rodillo de presión (7) presiona el material compuesto, un elemento calentador (13) proporciona calor en el punto de contacto (8) para facilitar la deposición de este material compuesto. El efector final (10) puede comprender un sensor de energía para medir la energía aplicada con el elemento calentador (13) y/o un sensor de temperatura para medir la temperatura en el punto de contacto (8).

10 Un movimiento programado del efector final (10) paralelo a la herramienta de tendido (11) junto con la presión aplicada con el rodillo de presión (7) tiende el material compuesto que se desenrolla desde el carrete de material (3). Simultáneamente, un portador protector de polietileno se rebobina en una bobina de poli (5), solamente para el caso en donde el material a ser depositado esté preimpregnado y no fibra seca. Una rotura en el carrete de material (3) controla el desenrollado excesivo del material compuesto. También se puede usar un motor conectado al carrete de material (3) para añadir o rebobinar material compuesto según requiera el proceso. El efector final (10) comprende un sensor de par que mide el par de la rotura en el carrete de material (3) o el par de dicho motor.

15 El efector final (10) comprende además un elemento loco (4) para mantener una tensión de tendido constante para el material compuesto mediante su movimiento. El movimiento del elemento loco (4) se gestiona por un elemento de resorte (14) que permite compensar efectos transitorios. El efector final (10) comprende un sensor de desplazamiento configurado para medir el desplazamiento del elemento loco (4). En un ejemplo particular, este sensor de desplazamiento es un sensor de LVDT.

Según el proceso de tendido, la longitud ya programada del material compuesto a ser depositado se extrae del carrete de material (3) y se recorta mediante una cuchilla de un cortador (12). El efector final (10) continúa su desplazamiento paralelo a la herramienta de tendido (11) hasta el final de una posición programada y concluye la deposición de una capa de material compuesto.

25 El efector final (10) comprende además un sistema de adición (6) que se desengancha durante los pasos de tendido y se activa para alimentar material en el efector final (10) para preparar el tendido del siguiente trayecto. Este sistema de adición (6) también se puede usar para rebobinar material compuesto en demanda o como un dinamómetro para medir la tensión aplicada al material compuesto midiendo el par resultante en el sistema de adición (6). El par en el sistema de adición (6) se mide mediante un sensor de par.

30 El efector final (10) descrito anteriormente está configurado según la invención para realizar una rutina programada de movimientos para despegar, al menos parcialmente, una capa de otra capa de un laminado compuesto con el fin de medir automáticamente al menos un movimiento de tracción en el efector final (10) y una fuerza de tracción aplicada a una capa durante su despegado. En base a estas mediciones, el presente método determina la energía de despegado entre capas de un material compuesto. Esta operación de despegado se realiza mediante medios de producción reales (máquina de tendido) y se puede llevar a cabo de manera automática o bajo demanda como parte del procedimiento de fabricación.

35 Según la figura 2, el efector final (10) mostrado es el mismo que el de la figura 1 y descrito anteriormente. Específicamente, en la figura 2 no se muestran ni el cortador (12) ni el elemento calentador (13) dado que no participan en la operación de despegado. En cualquier caso, en una realización el presente método considera las condiciones de temperatura medidas por el sensor de temperatura en el punto de contacto (8) (mostrado en la figura 1) y/o la energía medida por el sensor de energía en el elemento calentador (13) (mostrado en figura 1), y la energía de despegado determinada, como representativa de la adhesividad entre una primera (1) y una segunda (2) capas de un laminado de material compuesto (9). Es decir, el efector final (10) mostrado en la figura 2 solamente muestra los componentes que se pueden accionar en el presente método para despegar, al menos parcialmente, la segunda capa (2) de la primera capa (1).

40 El material compuesto mencionado anteriormente haciendo referencia a las figuras 1 y 2 es un material compuesto reforzado con fibra que puede tener forma de cinta o estopa o una pluralidad de cintas o estopas. Es decir, las capas que conforman el laminado de material compuesto (9) consisten en una simple cinta o estopa o en una pluralidad de cintas o estopas. A través de este documento, el término "material" o "material compuesto" se ha usado indistintamente para referirse a una cinta o a estopa de material o a una pluralidad de cintas o estopas.

45 A continuación, se describe un ejemplo particular de un método según la presente invención. Este método es capaz de determinar la energía de despegado entre una primera capa (1) y una segunda capa (2) de un laminado de material compuesto (9) por medio de una máquina de tendido que comprende un efector final (10) como se muestra en las figuras 1-2.

55 El método comprende un paso de depositar al menos la primera (1) y segunda (2) capas de la siguiente manera:

- tender una primera capa (1) de material compuesto por el efector final (10) de la máquina de tendido, y

- tender una segunda capa (2) de material compuesto sobre la primera capa (1) por el efector final (10) de la máquina de tendido.

5 La primera capa (1) se puede depositar sobre otra capa de material compuesto que también forma parte del laminado (9), o se puede depositar sobre una herramienta de tendido (11). En particular, la deposición de la segunda capa (2) se muestra en la figura 1 una vez que la primera capa (1) ya está depositada.

10 Cuando la segunda capa (2) está depositada, al menos parcialmente, el efector final (10) detiene la laminación de la segunda capa (2) sobre la primera capa (1) y, sin cortar esta segunda capa (2), el carrete de cinta (3) del efector final (10) libera una longitud predefinida de cinta de material adicional. El efector final (10) se mueve entonces a una posición predeterminada de modo que la cinta liberada de material compuesto se tense entre la segunda capa (2) y la laminada y el carrete de cinta (3) como se muestra en la figura 2. En un ejemplo particular, si la longitud de cinta predefinida liberada no se tensa una vez que el efector final (10) se desplaza a una posición predeterminada, entonces el método comprende además antes del paso a) aplicar tensión a la longitud de cinta predefinida liberada desplazando el efector final (10) con relación a la primera capa (1).

15 Específicamente, la figura 2 muestra el efector final (10) desplazado del laminado (9) en comparación con su posición en la figura 1 donde está realizando la deposición de la segunda capa (2) sobre la primera capa (1). Desplazar el efector final (10) a una posición predefinida, como se muestra en la figura 2, permite que el rodillo (7) alcance una posición en la que no puede ejercer fuerza de presión sobre el laminado (9).

20 Una vez que el efector final (10) se coloca en la posición predefinida, el método realiza un paso a) despegando al menos parte de la segunda capa (2) de la primera capa (1) mediante al menos un movimiento de un componente del efector final (10) de la máquina de tendido lo que hace que se tire de la segunda capa (2) con relación a la primera capa (1). Simultáneamente a este paso a), el método realiza un paso b) de medir al menos una fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa (2) y al menos el movimiento de tracción de un componente del efector final (10) durante el paso a).

25 Según el paso a), el método realiza un desplazamiento del efector final (10) con relación a la primera capa (1) de modo que un elemento loco (4) del efector final (10) se desplace en consecuencia y la segunda capa (2) se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa (1). El desplazamiento del elemento loco (4) con relación a la primera capa (1) se mide según el paso b) del presente método, y la fuerza de tracción proporcionada por el elemento loco (4) como resultado de su desplazamiento también se mide en paso b). En este caso, la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa (2) corresponde a la fuerza de tracción proporcionada por el elemento loco (4), y el movimiento de tracción medido en este método corresponde al desplazamiento de dicho elemento loco (4).

30 Además, el método puede medir además en el paso b) el par y/o la rotación en el carrete de cinta (3) como resultado del movimiento del efector final (10). Para este caso, la fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa (2) corresponde al par aplicado por un material de cinta (3), y el movimiento de tracción corresponde al desplazamiento del efector final (10), al desplazamiento del elemento loco (4) y a la rotación del material de cinta (3).

35 Adicional al paso a) anterior descrito, o como alternativa a este, en una realización el método realiza una etapa de rebobinado. En particular, la cinta ya desenrollada que forma parte de la segunda capa (2) como continuación de la misma se rebobina en el carrete de cinta (3) o en el sistema de adición (6). Por medio de este rebobinado de cinta, la segunda capa (2) se despega, al menos parcialmente, de la primera capa (1). En el paso b) se miden la rotación del carrete de cinta (3) o del sistema de adición (6) y el par aplicado por el mismo. En particular, la fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa (2) corresponde al par aplicado sobre el carrete de cinta (3) y/o el sistema de adición (6) dividido por la distancia entre el centro del carrete de cinta (3) y/o el sistema de adición (6) y el punto de contacto de aplicación del par en dicho carrete de cinta (3) y/o sistema de adición (6), respectivamente. Además, el movimiento de tracción corresponde a la rotación del carrete de cinta (3) y/o del sistema de adición (6). Además, a partir de la rotación medida se determina un desplazamiento de una longitud de material para calcular luego la energía de despegado en el paso c). Además, la longitud de la cinta que se almacena en el carrete de cinta (3) o en el sistema de adición (6) antes de rebobinar la cinta desenrollada también se puede medir en el presente método para ser capaces de determinar con más precisión la longitud del material que se rebobina. Para determinar la energía de despegado en el paso c), el par dividido por la distancia entre el centro del carrete de cinta (3) y/o el sistema de adición (6) y el punto de aplicación del par en el carrete de cinta (3) y/o el sistema de adición (6) se multiplica por la longitud del material rebobinado por el carrete de cinta (3) y/o el sistema de adición (6).

40 Además, en el paso a) rebobinar la cinta de material mediante el carrete de material (3) causa el desplazamiento de un elemento loco (4) y, por lo tanto, el desplazamiento del elemento loco (4) se mide además en el paso b). Es decir, el movimiento de tracción para esta realización corresponde tanto a la rotación del carrete de material (3) como al desplazamiento del elemento loco (4). A partir de la rotación del carrete de material (3) se determina el desplazamiento de una longitud de material para calcular luego, junto con el desplazamiento del elemento loco (4), la energía de despegado en el paso c) del presente método.

45

50

55

Con el fin de tirar de la cinta de material del sistema de adición (6) o del carrete de cinta (3), el rodillo (7) debe estar en una posición hacia arriba (comparada la figura 2 con la figura 1 donde el efector final (10) está realizando una deposición de material) con el fin de dejar que la segunda capa (2) se despegue de la primera capa (1).

5 Antes de iniciar el despegado de la segunda capa (2) de la primera capa (1), y una vez que el efector final (10) o cualquiera de sus componentes se desplace si fuera necesario, la cinta de material de la segunda capa (2) que no está depositada forma un ángulo de tracción (α) con relación a la primera capa (1). Es decir, en el momento en que la segunda capa (2) se va a desprender de la primera capa (1), esta segunda capa (2) forma un ángulo de tracción (α) con respecto a la primera capa (1). Este ángulo de tracción (α) corresponde al ángulo que forma esta segunda capa (2) con respecto a la primera capa (1) cuando se arranca la segunda capa (2) de la primera capa (1). Según un ejemplo particular, el ángulo de tracción (α) varía mientras que la segunda capa (2) se despegue de la primera capa (1). Este ángulo de tracción (α) es diferente de 0, y preferiblemente, $0 < \alpha \leq 180^\circ$.

10 En otro ejemplo no mostrado en las figuras 1-2, el laminado (9) se deposita sobre una placa de prueba en lugar de una placa de herramientas. Esta placa de prueba comprende medios de medición de fuerza, preferiblemente un dinamómetro, configurado para medir la fuerza aplicada sobre el laminado (9) cuando la segunda capa (2) se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa (1). La placa de prueba se puede adaptar para aumentar la adherencia entre el laminado (9) y dicha placa de prueba. La fuerza medida por el dinamómetro corresponde a la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa (2).

15 Cualquiera de las fuerzas anteriores (par, rotación,...) medidas en el paso b) o una combinación de ellas proporciona las fuerzas de tracción aplicadas a la segunda capa (2) durante el paso a). Por ejemplo, el desplazamiento del elemento loco (4) por medio del accionamiento del elemento de resorte (14) proporciona la fuerza de tracción. Además, cualquiera de los desplazamientos anteriores también medidos en el paso b) o una combinación de ellos proporciona el desplazamiento por tracción de la segunda capa (2).

20 Además de los posibles datos anteriores a ser medidos, en una realización el presente método comprende además medir en el paso b) condiciones ambientales tales como la temperatura y la humedad relativa en la sala de fabricación, y/o las condiciones del proceso tales como la energía aplicada con el calentador de la máquina de tendido, la temperatura de tendido (temperatura en un punto de contacto (8)), el tiempo entre el tendido y el despegado de la cinta de material y la velocidad de despegado.

25 Todos estos datos obtenidos en el paso b) se usan en el siguiente paso c) del presente método para determinar la energía de despegado entre la primera (1) y la segunda (2) capa de un laminado de material compuesto (9). En particular, la máquina de tendido de cinta comprende además una unidad de procesamiento configurada para determinar la energía de despegado en base a los datos medidos en el paso b) en relación con el movimiento de tracción y la fuerza de tracción.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar la energía de despegado entre una primera capa (1) y una segunda capa (2) de un laminado (9) de material compuesto por medio de una máquina de tendido que comprende al menos un efector final (10), el método que comprende los siguientes pasos:
- 5 a) despegar al menos parte de la segunda capa (2) de la primera capa (1) mediante al menos un movimiento de un componente del efector final (10) de la máquina de tendido que causa que se tire de la segunda capa (2) con relación a la primera capa (1),
- b) medir al menos una fuerza de tracción aplicada sobre la segunda capa (2) y al menos el movimiento de tracción de un componente del efector final (10) durante el paso a), y
- 10 c) determinar la energía de despegado entre la primera (1) y la segunda (2) capa en base a al menos la fuerza de tracción medida y en el movimiento de tracción medido.
2. El método según la reivindicación 1, en donde antes del paso a) el efector final (10) de la máquina de tendido deja de laminar la segunda capa (2) sobre la primera capa (1) y, sin cortar la segunda capa (2), el efector final (10) libera una longitud predefinida de material compuesto adicional como continuación de la segunda capa (2) de material compuesto ya laminada, y el efector final (10) se desplaza a una posición predeterminada.
- 15 3. El método según la reivindicación 2, que comprende además aplicar tensión a la longitud predefinida liberada de material compuesto.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso a) comprende desplazar el efector final (10) con relación a la primera capa (1) de modo que un elemento loco (4) del efector final (10) se desplace en consecuencia y la segunda capa (2) se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa (1), y en donde el paso b) comprende medir el desplazamiento del elemento loco (4) con relación a la primera capa (1) y la fuerza de tracción proporcionada por el elemento loco (4) como resultado de su desplazamiento.
- 20 5. El método según la reivindicación 4, en donde el paso b) comprende además medir un par en un carrete de material (3) del efector final (10) como resultado del desplazamiento del efector final (10).
- 25 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso a) comprende rebobinar, sobre un componente (3, 6) del efector final (10) de la máquina de tendido, material compuesto ya desenrollado como continuación de la segunda capa (2) de material compuesto ya laminado de modo que la segunda capa (2) se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa (1), y en donde el paso b) comprende medir la rotación del componente (3, 6) y el par aplicado sobre el mismo componente (3, 6).
- 30 7. El método según la reivindicación 6, en donde el componente del efector final (10) es un carrete de material (3) y el rebobinado de material compuesto por este carrete de material (3) causa el desplazamiento de un elemento loco (4) del efector final (10) y el despegado de al menos parte de la segunda capa (2) de la primera capa (1), y en donde el paso b) también comprende medir el desplazamiento del elemento loco (4).
- 35 8. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el laminado (9) se lamina sobre una placa de prueba que comprende medios de medición de fuerza, y en donde el paso b) comprende medir, mediante los medios de medición de fuerza, la fuerza de tracción aplicada sobre el laminado (9) mientras que la segunda capa (2) se despegue, al menos parcialmente, de la primera capa (1).
9. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además antes del paso a):
- tender una primera capa (1) de material compuesto por el efector final (10) de la máquina de tendido, y
- 40 - tender una segunda capa (2) de material compuesto sobre la primera capa (1) por el efector final (10) de la máquina de tendido.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda capa (2) forma un ángulo de tracción (α) con respecto a la primera capa (1) durante el despegado en el paso a), y en donde el ángulo de tracción (α) es diferente de 0.
- 45 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además medir al menos una condición ambiental y/o al menos una condición del proceso.
12. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la energía de despegado se determina en el paso c) por una unidad de procesamiento de la máquina de tendido y en base a las mediciones realizadas en el paso b).
- 50 13. Una máquina de tendido configurada para realizar el método según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, la máquina de tendido que comprende:

- un efector final (10) configurado para laminar material compuesto, el efector final (10) que comprende:
 - o un carrete de material (3) configurado para desenrollar y rebobinar material compuesto, o
 - o un elemento loco (4), el elemento loco (4) que es movable para mantener una tensión constante del material compuesto, o
- 5 o cualquier combinación de lo anterior;
- una unidad de procesamiento configurada para determinar la energía de despegado según el paso c) del método,
- un sensor de movimiento configurado para medir al menos el movimiento de tracción de un componente del efector final (10) durante el despegado, y
- 10 - un sensor de fuerza configurado para medir al menos la fuerza de tracción aplicada a la segunda capa (2) durante el despegado.
- 14. La máquina de tendido según la reivindicación 13, que comprende además un sensor de par configurado para medir un par aplicado por un componente (3, 6) del efector final (10).
- 15. La máquina de tendido según cualquiera de las reivindicaciones 13-14, que comprende además una placa de prueba (7) configurada para extender un laminado (9) sobre la misma, la placa de prueba que comprende medios de medición de fuerza configurados para medir la fuerza de tracción aplicada sobre el laminado (9) mientras que la segunda capa (2) se despega, al menos parcialmente, de la primera capa (1).

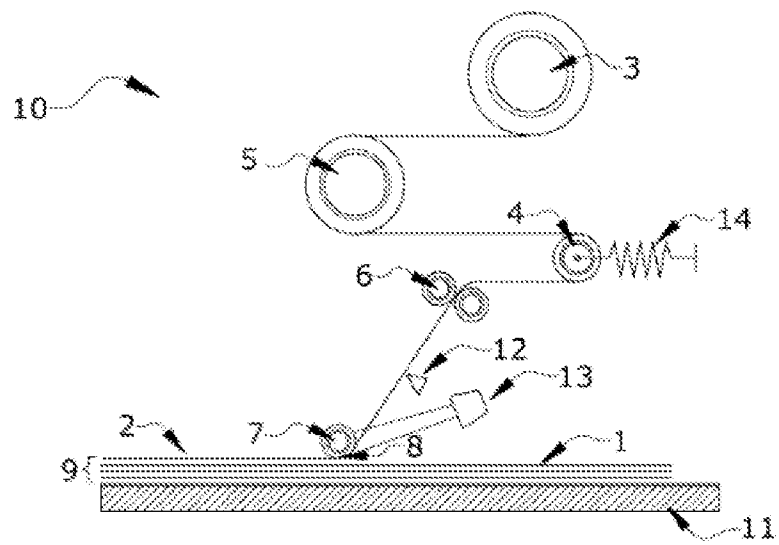


FIG.1

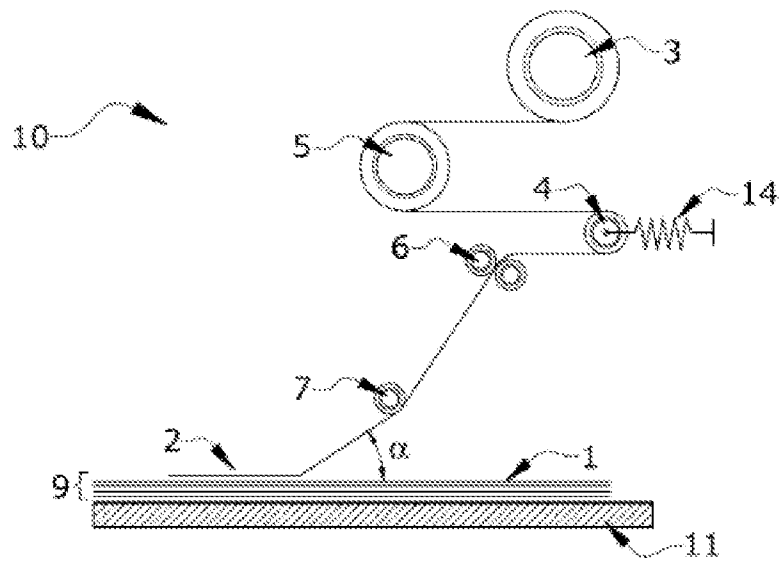


FIG.2