

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 199**

51 Int. Cl.:

B29B 11/16 (2006.01)
B29C 43/34 (2006.01)
B29C 70/06 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)
B29K 101/10 (2006.01)
B29K 105/10 (2006.01)
B29L 9/00 (2006.01)
B29B 15/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2008** **E 19155553 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.09.2021** **EP 3501774**

54 Título: **Material de base preimpregnado, material de base laminado y plástico reforzado con fibra**

30 Prioridad:

02.02.2007 JP 2007023868
02.02.2007 JP 2007023870

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2022

73 Titular/es:

TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome, Chuo-ku
Tokyo 103-8666, JP

72 Inventor/es:

TAKETA, ICHIRO;
SATO, NARUMICHI y
WADAHARA, EISUKE

74 Agente/Representante:

DÍAZ NUÑEZ, Joaquín

ES 2 901 199 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

Material de base preimpregnado, material de base laminado y plástico reforzado con fibra

Campo de la técnica

[0001] La presente invención se refiere a un material de base preimpregnado que comprende muchas fibras de refuerzo y una resina matriz. La invención también se refiere a un material de base laminado en forma de un laminado de varias capas de fibras de refuerzo, de las cuales al menos algunas comprenden el material de base preimpregnado de la invención. La invención se refiere además a un plástico reforzado con fibra producido por moldeo del material de base laminado de la invención. Además, la invención también se refiere a un proceso de producción para el material de base preimpregnado de la invención y a un proceso de producción para el plástico reforzado con fibra de la invención.

[0002] Cuando el material de base preimpregnado de la invención se moldea para formar un plástico reforzado con fibra, las fibras de refuerzo muestran una alta fluidez atribuible al flujo de una resina matriz, lo que resulta en una capacidad de conformación altamente flexible que sirve para producir moldeados con una forma deseada. Si se utiliza un producto laminado de láminas de fibras de refuerzo, al menos algunas de las cuales comprenden el material de base preimpregnado de la invención, para producir moldeados de plástico reforzado con fibra, los moldeados resultantes tendrán buenas propiedades físicas dinámicas y servirán para fabricar diversos elementos estructurales. Tales moldeados serán pequeños en la no uniformidad de las características mecánicas y por lo tanto tendrán una alta estabilidad dimensional. El plástico reforzado con fibra de la invención servirá eficazmente en la fabricación, por ejemplo, de elementos de automóvil, herramientas deportivas, etc.

Antecedentes

[0003] Un plástico reforzado con fibra que comprende fibras de refuerzo y una resina matriz generalmente tiene una alta resistencia específica, un alto módulo específico y buenas características mecánicas, así como buenas características funcionales como una alta resistencia a la intemperie y resistencia química. Por lo tanto, se ha prestado cada vez más atención a ellas en diversos campos industriales y la demanda de las mismas está aumentando en los últimos años.

[0004] Como método de moldeo de un plástico reforzado con fibra que tiene buenas características funcionales, existe un método de moldeo en autoclave en el que los preimpregnados, es decir, los elementos básicos semicurados (láminas de preimpregnado) que comprenden fibras de refuerzo continuas impregnadas con una resina matriz, se laminan, seguido de un calentamiento y un prensado en un recipiente de alta temperatura y alta presión para el curado de la resina matriz para proporcionar un plástico reforzado con fibra moldeado. El método de moldeo en autoclave se utiliza comúnmente.

[0005] Como otro método de moldeo para un plástico reforzado con fibra, existe un método RTM (moldeo por transferencia de resina) en el que, para mejorar la eficiencia de la producción, un elemento básico (preforma) que comprende fibras de refuerzo continuas y que tiene una forma adaptada a la forma de un elemento que se está produciendo se impregna con una resina matriz y luego se cura.

[0006] Los plásticos reforzados con fibra producidos por estos métodos de moldeo tienen buenas propiedades mecánicas porque las fibras de refuerzo están en una forma continua. Además, debido a que las fibras continuas están dispuestas de forma regular, los plásticos reforzados con fibras pueden diseñarse para tener las propiedades mecánicas requeridas laminando los materiales base en disposiciones adecuadas. Además, los plásticos reforzados con fibras resultantes tienen una pequeña variación en sus propiedades mecánicas. Por otro lado, el uso de fibras continuas dificulta la producción de un producto con una forma complicada, como las tridimensionales, y por lo tanto, estos métodos de moldeo se han utilizado casi exclusivamente para producir productos con una forma casi plana.

[0007] Un método de moldeo denominado método de moldeo SMC (compuesto de moldeo en lámina) es útil para producir moldeados con una forma tridimensional u otra forma complicada. En el método de moldeo de SMC, filamentos cortados de fibras de refuerzo, que comúnmente tienen una longitud de unos 25 mm, se impregnan con una resina matriz termoendurecible para proporcionar láminas de SMC en un estado semicurado, que serán moldeadas por calentamiento y prensado en una máquina de calentamiento-prensado. En muchos casos, las láminas de SMC se cortan antes del prensado a un tamaño más pequeño que una forma de moldeo y se ponen en un molde, y las láminas de SMC cortadas que tienen los tamaños pequeños se extienden (es decir, se hacen fluir) en el método de moldeo. De este modo, el flujo de la resina matriz y muchas fibras de refuerzo cortadas sirve para lograr la capacidad de conformación flexible en una forma tridimensional u otra.

[0008] Sin embargo, el método de moldeo de SMC da lugar inevitablemente a una distribución irregular y a una orientación irregular de los filamentos cortados durante la etapa de producción de la lámina de SMC, lo que da lugar

a moldeados que tienen propiedades mecánicas pobres o una gran variación de las mismas. Además, dicha distribución y orientación irregulares de los filamentos cortados suele provocar deformaciones, hundimientos superficiales, etc., en moldeados finos en particular. Tales moldeados no servirán eficazmente para algunos usos estructurales.

[0009] Para eliminar tales defectos en los materiales mencionados, los documentos JP 63-247012 A (Literatura de Patentes 1) y JP 09-254227 A (Literatura de Patentes 2) han dado a conocer materiales de base preimpregnados en forma de una lámina preimpregnada que comprende fibras continuas y una resina termoplástica en la que se realizan incisiones para cortar las fibras continuas a fin de permitir que las fibras fluyan y proporcionar moldeados que tengan una variación disminuida en las propiedades mecánicas. Se conocen otros materiales base laminados en los documentos US4990207A, US4992127A y US6454893B1.

[0010] Sin embargo, aunque las piezas moldeadas producidas a partir de los materiales de base preimpregnados que tienen las incisiones tienen características mecánicas ampliamente mejoradas con una variación disminuida en Comparación con las producidas por el método de moldeo de SMC, no puede decirse que tengan una resistencia suficiente para servir como elementos estructurales. En Comparación con los materiales de base preimpregnados que comprenden fibras continuas, las incisiones contenidas en los materiales de base preimpregnados actúan como defectos donde las tensiones se concentran para causar la destrucción de las piezas moldeadas resultantes, causando, en particular, problemas tales como la disminución de la resistencia a la tracción y la resistencia a la fatiga por tensión de las piezas moldeadas.

Literatura de la patente 1: JP 63-247012 A

Literatura de la patente 2: JP 09-254227 A

Resumen de la invención

Problema técnico

[0011] Teniendo en cuenta los problemas de las técnicas anteriores, uno de los objetos de la invención es proporcionar un material de base preimpregnado que comprenda fibras de refuerzo que mantengan una alta fluidez durante un proceso de moldeo y que tenga una capacidad de conformación flexible para formar un moldeado (pieza moldeada) con una forma complicada. Otro objeto de la invención es proporcionar un material de base laminado que comprenda láminas de fibra de refuerzo, al menos algunas de las cuales son el material de base preimpregnado de la invención. Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un plástico reforzado con fibra preimpregnado que se produce por moldeo de un material de base laminado de la invención. Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un proceso para producir el material de base de la invención y un proceso para producir un plástico reforzado con fibra a partir del material de base preimpregnado de la invención.

Solución del problema

[0012] La invención comprende un material de base laminado según la reivindicación 1 y un material de base preimpregnado según la reivindicación 3.

[0013] En el material de base preimpregnado de la invención, se prefiere que cada una de las incisiones sea un segmento de hendidura con una longitud determinada, y que cuando el segmento de hendidura se proyecte en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo, una longitud proyectada W_s del segmento de hendidura en la dirección perpendicular a la orientación de las fibras de refuerzo esté en el rango de 1 a 10 mm, mientras que el grosor H del material de base preimpregnado se mantenga en el rango de 30 a 150 μm . Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de incisión de longitud constante.

[0014] En el material de base preimpregnado de la invención, cada una de las incisiones es un segmento de hendidura con una longitud determinada, y cuando el segmento de hendidura se proyecta en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo, la longitud proyectada W_s del segmento de hendidura en la dirección perpendicular a la orientación de las fibras de refuerzo está en el rango de 30 μm a 1,5 mm. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de incisión de longitud constante.

[0015] En el material de base preimpregnado de la invención, se prefiere que los segmentos de hendidura estén alineados a lo largo de al menos tres líneas rectas que discurren en la misma dirección para formar al menos tres filas y también que todos los intervalos entre las filas de segmentos de hendidura en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo sean los mismos.

[0016] En el material de base preimpregnado de la invención, los segmentos de hendidura están alineados en un ángulo oblicuo a la dirección perpendicular a la orientación de las fibras de refuerzo. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión oblicua.

[0017] En el material de base preimpregnado de la invención, se prefiere que los segmentos de hendidura se formen a partir de las caras superior e inferior del material de base preimpregnado en la dirección del grosor del material de base preimpregnado sin penetrar en el material de base preimpregnado, que la profundidad de corte H_s de los segmentos de hendidura esté en el rango de 0,4 a 0,6 veces el grosor H del material de base preimpregnado, que el intervalo L_a entre cualquier segmento de hendidura A en la cara superior y otro segmento de hendidura B en la cara superior adyacente al segmento de hendidura A en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo esté en el rango de 10 a 100 mm, que exista un segmento de hendidura C en la cara inferior con su centro geométrico situado en el punto en el que su distancia medida desde el segmento de hendidura A hacia el segmento de hendidura B en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo sea de 0,4 a 0,6 veces L_a , que parte de las fibras de refuerzo existentes entre el segmento de hendidura A y el segmento de hendidura B en la cara superior sean cortadas tanto por el segmento de hendidura A en la cara superior como por el segmento de hendidura C en la cara inferior o tanto por el segmento de hendidura B en la cara superior como por el segmento de hendidura C en la cara inferior, y que todos los segmentos de hendidura en la cara superior y/o todos los segmentos de hendidura en la cara inferior tengan la misma forma geométrica. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión en dos caras.

[0018] Si los segmentos de hendidura en el material de base preimpregnado de la invención están inclinados con un ángulo de inclinación Θ_a en la dirección del grosor del material de base preimpregnado, con una distancia S entre la línea de corte de una hendidura en las fibras de refuerzo en la cara superior del material de base preimpregnado y la de la hendidura en la cara inferior, medida en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo, entonces el ángulo de inclinación Θ_a determinado por la siguiente ecuación (Fórmula I) a partir de la distancia S y el grosor H del material de base preimpregnado debería estar preferiblemente en el rango de 1 a 25°.

$$\Theta_a = \tan^{-1} \left(\frac{H}{S} \right) \quad \text{Formula I}$$

[0019] Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión inclinada.

[0020] En el material de base preimpregnado de la invención, el valor absoluto de un ángulo oblicuo Θ_b de cada una de las incisiones en las caras del material de base preimpregnado desde la dirección de orientación de las fibras de refuerzo está en el rango de 2 a 25°. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico.

[0021] En el material de base preimpregnado de la invención, se prefiere que cada una de las incisiones sea continua sobre la anchura total del material de base preimpregnado. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión continua oblicua de ángulo específico.

[0022] En el material de base preimpregnado de la invención, se prefiere que cada una de las incisiones sea un segmento de hendidura con una longitud determinada, y que cuando el segmento de hendidura se proyecte en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo, la longitud proyectada W_s del segmento de hendidura en la dirección perpendicular a la orientación de las fibras de refuerzo esté en el rango de 30 μm a 100 mm y el segmento de hendidura tenga la misma forma geométrica que la del segmento de hendidura que es adyacente al primero en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico y de longitud constante.

[0023] En el material de base preimpregnado de la invención, cada una de las incisiones es lineal y todos los segmentos de fibra de refuerzo tienen sustancialmente la misma longitud L . Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión oblicua lineal.

[0024] Un material de base laminado de la invención es un material de base laminado producido mediante la combinación de más de una capa de material de base preimpregnado en una placa, cada capa de material de base preimpregnado que comprende un gran número de fibras de refuerzo orientadas sustancialmente en una dirección y una resina matriz adherida a las fibras de refuerzo, en el que al menos algunas de las capas de material de base

preimpregnado combinadas son el material de base preimpregnado de la invención, las capas de material de base preimpregnado combinadas que comprenden haces de las fibras de refuerzo orientadas en al menos dos direcciones de orientación diferentes.

[0025] Un material de base laminado de la invención es un material de base laminado producido mediante la combinación de más de una capa de material de base preimpregnado en una placa, comprendiendo cada capa de material de base preimpregnado un gran número de fibras de refuerzo orientadas sustancialmente en una dirección y una resina matriz adherida a las fibras de refuerzo, en el que al menos dos de las capas de material de base preimpregnado combinadas son el material de base preimpregnado de longitud constante de la invención adyacentes entre sí, las fibras de refuerzo en las dos capas adyacentes de material de base preimpregnado están orientadas sustancialmente en la misma dirección, los segmentos de hendidura en las dos capas adyacentes de material de base preimpregnado están alineados a intervalos regulares en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo, y las posiciones de los segmentos de hendidura en una de las dos capas adyacentes de material de base preimpregnado están desplazadas en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo en relación con las posiciones de los segmentos de hendidura en la otra capa de material de base preimpregnado.

[0026] Un plástico reforzado con fibra producible a partir de un material de base preimpregnado según la invención comprende una resina matriz y un laminado producido mediante la combinación de más de una capa de fibras de refuerzo orientadas sustancialmente en una dirección en el que al menos dos de las capas de fibra de refuerzo se combinan con sus fibras de refuerzo orientadas en diferentes direcciones, estando la fracción de volumen de fibra V_f en el rango de 45 a 65%, estando al menos una de las capas de fibra-resina cada una de las cuales comprende una capa de fibra de refuerzo antes mencionada y la resina matriz que la acompaña, que tiene más de una abertura incisa, repartida por toda la cara de la capa, que está libre de las fibras de refuerzo y contiene la resina matriz o las fibras de refuerzo de la capa adyacente, la abertura incisa corta las fibras de refuerzo en segmentos, los segmentos de fibra de refuerzo de las fibras de refuerzo cortadas tienen una longitud L de 10 a 100 mm, el área total de las aberturas incisas en la cara de la capa representa de 0.1 a 10% de la superficie total de la capa, y la capa tiene un grosor medio H_c de 15 a 300 μm .

[0027] Un proceso de producción de materiales de base preimpregnados para obtener materiales de base preimpregnados de la invención comprende un paso para preparar un preimpregnado preliminar orientando un gran número de fibras de refuerzo en una dirección e impregnándolas con una resina matriz y otro paso para incidir el preimpregnado preliminar presionando un rodillo de cuchilla giratorio, que incluye una cuchilla helicoidal provista en la superficie externa de un rodillo, contra el preimpregnado preliminar para cortar las fibras de refuerzo.

[0028] Un proceso de producción de plástico reforzado con fibra comprende poner el material de base laminado de la invención en una matriz de moldeo, manteniendo la tasa de carga del material de base laminado entre el 50 y el 95%, y moldeando a presión el material de base laminado.

Efectos ventajosos de la invención

[0029] El material de base preimpregnado de la invención comprende muchos segmentos de fibra de refuerzo dispuestos en una dirección y que tienen una longitud L de 10 a 100 mm, y una resina matriz. Un grosor H del material de base preimpregnado está en el rango de 30 a 300 μm y un contenido de volumen de fibra V_f de las fibras de refuerzo en el material de base preimpregnado está en el rango de 45 a 65%. En consecuencia, cuando se produce un plástico reforzado con fibra mediante el moldeo de dicho material de base preimpregnado, los segmentos de fibras de refuerzo pueden fluir suavemente a medida que la resina matriz fluye durante la etapa de moldeo. Así, las fibras de refuerzo en el material de base preimpregnado de la invención muestran una alta fluidez durante la etapa de moldeo para un plástico reforzado con fibra. Como resultado, cuando se va a producir un plástico reforzado con fibra que tiene una forma complicada, se puede conseguir una capacidad de conformación altamente flexible para ajustarse a una forma de moldeo. El plástico reforzado con fibra así producido tendrá buenas propiedades mecánicas con poca variación, y una buena estabilidad dimensional.

Breve descripción de los dibujos

[0030]

La Fig. 1 muestra una vista en planta de un material de base preimpregnado (no según la invención).

La Fig. 2 muestra vistas en planta de seis patrones de incisión típicos del material de base preimpregnado (no según la invención).

La Fig. 3A muestra una vista de corte parcial de un modo de realización del material de base laminado (no según la invención).

- La Fig. 3B muestra una vista transversal de la sección transversal A-A especificada en la Fig. 3A.
- La Fig. 4A muestra una vista en sección transversal longitudinal de un modo de realización del material de base laminado de la invención colocado en un molde.
- 5 La Fig. 4B muestra una vista en sección transversal longitudinal del modo de realización dado en la Fig. 4A del material de base laminado de la invención deformado bajo una presión de moldeo aplicada al material de base laminado.
- La Fig. 5 muestra una vista en sección transversal longitudinal del material de base preimpregnado de incisión de dos caras (no según la invención).
- La Fig. 6 muestra una vista en sección transversal longitudinal de un modo de realización del material de base preimpregnado de incisión inclinada de la invención.
- 10 La Fig. 7 muestra una vista lateral esquemática de un aparato de incisión típico para formar incisiones en el material de base preimpregnado de la invención.
- La Fig. 8 muestra una vista lateral esquemática de otro aparato de incisión típico para formar incisiones inclinadas para producir el material de base preimpregnado de incisión inclinada de la invención.
- 15 La Fig. 9 muestra una vista en planta de un material de base preimpregnado (no según la invención) para ilustrar una relación posicional típica entre las incisiones en capas adyacentes en el material de base preimpregnado laminado.
- La Fig. 10 muestra una vista en planta de otro material de base preimpregnado (no según la invención).
- La Fig. 11 muestra una vista en planta de otro material de base preimpregnado (no según la invención).
- La Fig. 12 muestra una vista en planta de otro material de base preimpregnado (no según la invención).
- 20 La Fig. 13 muestra vistas en planta de dos patrones de incisión (no según la invención) para comparar los patrones de incisión en el material de base preimpregnado.
- La Fig. 14 muestra vistas en planta de cinco patrones de incisión típicos en el material de base preimpregnado, en los que sólo el patrón (d) se ajusta a la invención.
- La Fig. 15A muestra una vista en perspectiva oblicua de un material de base laminado típico que comprende materiales de base preimpregnados incisos (no según la invención).
- 25 La Fig. 15B muestra una vista de la sección transversal A-A especificada en la Fig. 15A.
- La Fig. 15C muestra una vista en perspectiva oblicua para ilustrar el material de base laminado dado en la Fig. 15A deformado bajo una presión de moldeo aplicada al material de base laminado.
- La Fig. 15D muestra una vista de la sección transversal A-A especificada en la Fig. 15C.
- La Fig. 16A muestra una vista en perspectiva oblicua de un material de base laminado (no según la invención).
- 30 La Fig. 16B muestra una vista de la sección transversal A-A especificada en la Fig. 16A.
- La Fig. 16C muestra una vista en perspectiva oblicua para ilustrar el material de base laminado dado en la Fig. 16A deformado bajo una presión de moldeo aplicada al material de base laminado.
- La Fig. 16D muestra una vista de la sección transversal A-A especificada en la Fig. 16C.
- 35 La Fig. 17A muestra una vista en perspectiva oblicua de otro modo de realización del material de base laminado de la invención.
- La Fig. 17B muestra una vista en perspectiva oblicua para ilustrar el material de base laminado dado en la Fig. 17A deformado bajo una presión de moldeo aplicada al material de base laminado.
- La Fig. 18 muestra una vista en perspectiva oblicua esquemática de un aparato de incisión típico para incidir el material de base preimpregnado de la invención.
- 40 La Fig. 19A muestra una vista esquemática en planta de una disposición de un material de base preimpregnado preliminar para producir el material de base preimpregnado de la invención y otro aparato de incisión para incidir el material de base preimpregnado preliminar dispuesto.

La Fig. 19B muestra una vista en planta esquemática de una disposición de un material de base preimpregnado preliminar para producir el material de base preimpregnado de la invención y otro aparato de incisión para incidir los materiales de base preimpregnados preliminares dispuestos.

La Fig. 20 muestra una vista en planta de otro material de base laminado (no según la invención).

- 5 La Fig. 21 muestra una vista en sección transversal longitudinal de un modo de realización del material de base preimpregnado de dos caras producido mediante la formación de incisiones de la cara superior y la cara inferior de un material de base preimpregnado de incisión oblicua de la invención.

- 10 La Fig. 22 muestra una vista en sección transversal longitudinal de un material de base preimpregnado de incisión inclinada producido formando incisiones inclinadas en la dirección del grosor del material de base preimpregnado en un material de base preimpregnado de incisión oblicua de la invención.

La Fig. 23 muestra una vista en sección transversal longitudinal de un material de base preimpregnado típico que tiene una capa de resina adicional (no según la invención).

Lista de signos de referencia

- C: segmento de incisión o hendidura
- 15 CA: dispositivo para cortar las fibras de refuerzo
- CE: borde de corte de las fibras de refuerzo
- CO: porción de solapamiento de las incisiones
- CP: patrón de incisión
- CR: fila de incisiones
- 20 F: fibras de refuerzo
- FP: plástico reforzado con fibra (moldeado)
- FS: segmento de fibra de refuerzo
- H: grosor del material de base preimpregnado
- HD: dirección horizontal Hs: profundidad de la incisión
- 25 L: longitud del segmento de fibra
- La: distancia entre incisiones adyacentes en la dirección de disposición de las fibras
- LB: material de base laminado
- P: material de base preimpregnado
- RP: material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar)
- 30 S: distancia entre las incisiones de las fibras en la cara superior del material de base preimpregnado y las de las fibras en la cara inferior del material de base preimpregnado, medida en la dirección de disposición de las fibras
- VD: dirección vertical W: longitud incisa de la hendidura en dirección longitudinal
- Ws: longitud proyectada de la hendidura (longitud incisa)
- Θa: ángulo de inclinación de la incisión con respecto a la dirección del grosor del material de base preimpregnado
- 35 Θb: ángulo de inclinación de la incisión desde la dirección de disposición de las fibras en la superficie del material de base preimpregnado
- 43: dirección de flujo de la resina
- 44: hueco (abertura)
- 62: línea de corte en las fibras de refuerzo en el material de base preimpregnado de incisión inclinada

Descripción de los modos de realización

[0032] Los inventores han llevado a cabo estudios serios con el fin de desarrollar un material de base preimpregnado que comprenda fibras de refuerzo que tengan una alta fluidez y una capacidad de conformación flexible para ajustarse a una forma complicada en un proceso de producción de plástico reforzado con fibra y que pueda producir plástico reforzado con fibra que tenga buenas propiedades mecánicas con poca variación y una buena estabilidad dimensional, llegando a la conclusión de que todos los problemas convencionales se resuelven preparando un tipo específico de material de base, es decir un material de base preimpregnado que comprende muchas fibras de refuerzo dispuestas en una dirección y una resina matriz y que tiene un patrón de incisión específico insertado en el mismo, combinando dichos materiales de base preimpregnados, junto con otros materiales de base que comprenden otros componentes según se requiera, en un producto laminado, que luego se moldea por prensado.

[0033] El material de base preimpregnado propuesto en la presente descripción comprende normalmente una lámina que comprende muchas fibras de refuerzo dispuestas en una dirección u otro tipo de lámina que comprende muchas fibras de refuerzo, completamente impregnada con una resina matriz que rellena todos los huecos entre las fibras de refuerzo, pero puede ser un material de base preimpregnado semiresina que comprende una lámina de resina matriz, es decir una resina matriz en forma de lámina, combinada con fibras de refuerzo para formar un cuerpo integrado en el que los huecos entre las fibras de refuerzo no están completamente impregnados con la resina en la lámina. Dicho material de base preimpregnado impregnado con semirresina se denomina a veces semi-preg (semi-impregnado).

[0034] Dado que el material de base preimpregnado de la invención comprende muchas fibras de refuerzo dispuestas en una dirección, se pueden diseñar moldeados que tengan las propiedades mecánicas deseadas utilizando varios de estos materiales de base preimpregnados con direcciones de fibra adecuadamente ajustadas entre los materiales base laminados. En la presente descripción, la palabra fibra utilizada de forma independiente o como parte de una frase (como dirección de la fibra) significa fibra de refuerzo a menos que se especifique lo contrario.

[0035] El material de base preimpregnado de la invención es un material de base preimpregnado que comprende muchas fibras de refuerzo dispuestas sustancialmente en una dirección y una resina matriz adherida a las fibras de refuerzo en la que muchas incisiones, cada una en una dirección que cruza las fibras de refuerzo, se realizan en toda una cara del material de base preimpregnado de manera que sustancialmente todas las fibras de refuerzo se cortan en segmentos de fibra de refuerzo que tienen una longitud L en el rango de 10 a 100 mm mientras que un grosor H del material de base preimpregnado y un contenido de volumen de fibra Vf de las fibras de refuerzo en el material de base preimpregnado se mantienen en el rango de 30 a 300 μm y 45 a 65%, respectivamente.

[0036] Cuando la atención se centra en una parte de una fibra particular, el término "sustancialmente en una dirección" en la frase "muchas fibras de refuerzo dispuestas sustancialmente en una dirección" para el material de base preimpregnado de la invención significa que el 90% o más de las fibras existentes hasta 5 mm de ella están dispuestas en ángulos (ángulo de la fibra) dentro de $\pm 10^\circ$ desde una determinada línea de referencia para esa parte de la fibra particular, como una línea vertical o una línea horizontal.

[0037] El término "sustancialmente todas las fibras de refuerzo" en la frase "sustancialmente todas las fibras de refuerzo están cortadas por incisiones" para el material de base preimpregnado de la invención significa que el área ocupada por las fibras continuas que se dejan sin cortar por incisiones representa el 5% o menos del área total del material de base preimpregnado.

[0038] La frase "fibras de refuerzo dispuestas" y la frase "fibras de refuerzo alineadas" utilizadas para el material de base preimpregnado tienen el mismo significado.

[0039] La Fig. 1 muestra una vista en planta parcialmente ampliada de un material de base preimpregnado. En la Fig. 1, el material de base preimpregnado P1 comprende muchas fibras de refuerzo F1 y una resina matriz (omitida en la figura) adherida a las fibras de refuerzo F1. La dirección de la longitud (dirección de disposición) de las numerosas fibras de refuerzo F1 coincide con la dirección vertical VD en la Fig. 1. Las numerosas fibras de refuerzo F1 están alineadas sustancialmente en una dirección, es decir, la dirección vertical VD. La dirección perpendicular a la dirección de longitud (dirección de disposición) de las fibras F1 coincide con la dirección horizontal HD en la Fig. 1.

[0040] El material de base preimpregnado P1 incluye muchas incisiones C1 que cruzan las fibras de refuerzo F1 existentes a intervalos en toda su superficie. La práctica totalidad de las fibras de refuerzo F1 están cortadas por estas incisiones C1, que están situadas a intervalos en la dirección de la longitud (dirección de disposición). Una fibra cortada por incisiones adyacentes en la dirección de la longitud de la fibra, por ejemplo, la incisión C1b y la incisión C1d, forma un segmento de fibra de refuerzo. Una longitud L del segmento de fibra de refuerzo se mantiene en el rango de 10 a 100 mm.

[0041] El grosor H del material de base preimpregnado P1 (véase la Fig. 5 o la Fig. 6) se mantiene en el rango de 30 a 300 μm . Un contenido de volumen de fibra V_f de las fibras de refuerzo F1 en el material de base preimpregnado P1 se mantiene en el rango de 45 a 65%.

[0042] Si la longitud L de todo el segmento de fibra de refuerzo se mantiene en el rango de 100 mm o menos, la fibra podrá fluir, en particular incluso en la dirección longitudinal de las fibras, durante un proceso de moldeo para producir un plástico reforzado con fibra (moldeo) a partir de un material de base laminado que comprende dicho material de base preimpregnado. Esto sirve para lograr una capacidad de conformación altamente flexible en la producción de moldeados que tengan una forma complicada. Si no existen tales incisiones, es decir, si sólo hay fibras continuas, las fibras no fluirán en la dirección de la longitud de las fibras, no pudiendo producir moldeados que tengan una forma complicada.

[0043] Si la longitud L del segmento de fibra de refuerzo es inferior a 10 mm, la fluidez de las fibras mejorará aún más, pero en tales casos, será imposible producir buenas características mecánicas necesarias para los moldeados, en particular para los que se van a utilizar como elementos estructurales, incluso si se cumplen otros requisitos para el material de base preimpregnado.

[0044] En vista de la relación entre la fluidez de las fibras y las características mecánicas de las piezas moldeadas, se prefiere que la longitud L de cada uno de los segmentos de fibra de refuerzo esté en el rango de 20 a 60 mm. Dependiendo de las posiciones de las incisiones, pueden existir segmentos de fibra de refuerzo que tengan una longitud inferior a 10 mm, pero el número de segmentos de fibra de refuerzo que tengan una longitud inferior a 10 mm debe reducirse al mínimo. Se prefiere que el área que comprende los segmentos de fibra de refuerzo dispuestos que tienen una longitud inferior a 10 mm represente el 5% o menos del área total del material de base preimpregnado.

[0045] Las fibras que tienen una buena fluidez pueden producirse incluso si el grosor H del material de base preimpregnado supera los 300 μm , pero debido a la existencia de las incisiones, por otro lado, la resistencia de los moldeados tiende a disminuir a medida que aumenta el grosor del material de base preimpregnado inciso. Si los moldeados se van a utilizar como elementos estructurales, es necesario que el grosor H del material de base preimpregnado sea de 300 μm o menos. En particular, la resistencia de los moldeados aumentará en gran medida si el grosor H del material de base preimpregnado es de 150 μm o menos.

[0046] Incluso si el grosor H del material de base preimpregnado es inferior a 30 μm , se mantendrá la fluidez de las fibras y se podrán obtener moldeados que tengan una alta resistencia, pero será muy difícil conseguir una producción estable de materiales de base preimpregnados muy finos. Para producir materiales de base preimpregnados a bajo coste, se prefiere que el grosor H del material de base preimpregnado sea de 30 μm o más. Teniendo en cuenta la relación entre las características mecánicas de las piezas moldeadas y el coste de producción del material de base preimpregnado, se prefiere que el grosor H del material de base preimpregnado esté en el rango de 50 a 150 μm .

[0047] Se pueden producir fibras que tengan una fluidez suficiente si el contenido de volumen de fibra V_f es del 65% o menos. La fluidez de las fibras mejorará a medida que el contenido de volumen de fibra V_f disminuya, pero será imposible conseguir buenas características mecánicas necesarias para los elementos estructurales si el contenido de volumen de fibra V_f es inferior al 45%. En vista de la relación entre la fluidez de las fibras y las características mecánicas de las piezas moldeadas, se prefiere que el contenido de volumen de fibra V_f esté en el rango de 55 a 60%.

[0048] Los requisitos esenciales para el material de base preimpregnado son los descritos anteriormente.

[0049] En el material de base preimpregnado mostrado en la Fig. 1, por otra parte, el gran número de incisiones C1 previstas en el material de base preimpregnado P1 están en forma de muchas hendiduras, por ejemplo, las hendiduras C1b y C1d, que tienen una cierta longitud, en lugar de extenderse continuamente en una dirección a través de las fibras de refuerzo F1. Este material de base preimpregnado se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de longitud constante.

[0050] La longitud de una hendidura puede considerarse en función del número de fibras de refuerzo cortadas por ella, o una longitud proyectada W_s (la distancia numerada 12 en la Fig. 1) de la hendidura en la dirección perpendicular a la dirección de disposición (dirección de longitud) de las fibras de refuerzo, que aparece cuando la incisión se proyecta en la dirección de disposición (dirección de longitud) de las fibras de refuerzo en la cara del material de base preimpregnado. En lo sucesivo, la longitud proyectada W_s de una hendidura también se denomina simplemente longitud de una hendidura W_s . En el caso de una hendidura que está en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de las fibras, la longitud real de la hendidura es la misma que la longitud proyectada de la hendidura W_s .

[0051] Cuando se aplica una carga a un plástico reforzado con fibra, es muy posible que la tensión se concentre en los bordes de corte, por ejemplo C1bE y C1dE, de las fibras de refuerzo formados por las incisiones para que actúen

como puntos de inicio de la destrucción. Por lo tanto, la resistencia del moldeado (material compuesto reforzado con fibra) puede aumentarse minimizando el número de incisiones en las fibras de refuerzo. La resistencia del moldeado mejorará en gran medida si la longitud W_s de las incisiones es de 10 mm o menos. Sin embargo, el control de las incisiones se hará si la longitud W_s de las hendiduras es inferior a 30 mm, dificultando el mantenimiento de la longitud L de los segmentos de fibra de refuerzo en el rango de 10 a 100 mm en toda la cara del material de base preimpregnado.

[0052] Concretamente, la fluidez de las fibras durante el proceso de moldeo disminuirá en gran medida si quedan fibras sin cortar por las incisiones. Pero si se realiza un gran número de incisiones en la dirección de la longitud de las fibras para evitar esto, la longitud L de los segmentos de fibra de refuerzo será inferior a 10 mm en algunos lugares, lo que no es deseable. Por lo tanto, se prefiere que la longitud de las incisiones W_s sea de 1 mm o más. Esto también es ventajoso porque las incisiones con una longitud proyectada W_s de 1 mm o más pueden realizarse con un aparato sencillo.

[0053] Por el contrario, si la longitud de las hendiduras W_s es superior a 10 mm, la resistencia del moldeado se nivelará a un valor casi constante independientemente de la longitud. Esto significa que la carga para causar la destrucción no dependerá significativamente de la longitud de los bordes cortados, $C1bE$ y $C1dE$, de las fibras de refuerzo si la longitud es mayor que un determinado valor.

[0054] La resistencia de los moldeados aumentará en gran medida cuando la longitud de las hendiduras W_s sea de 1,5 mm o menos. A partir de la consideración mencionada anteriormente, se prefiere que la longitud de las hendiduras W_s esté en el rango de 1 a 10 mm en vista de que se puede utilizar un aparato sencillo para hacer las incisiones. Por otra parte, en vista de la facilidad de control de las incisiones y la relación con las características mecánicas de los moldeados, se prefiere que la longitud de las hendiduras W_s esté en el rango de 30 μm a 1,5 mm, más preferiblemente de 50 μm a 1 mm.

[0055] El material de base preimpregnado de longitud constante $P1$ se describe con más detalle a continuación.

[0056] En la Fig. 1, el material de base preimpregnado $P1$ contiene muchas incisiones alineadas $C1$ que tienen una longitud constante. Las fibras $F1$ son cortadas por la incisión superior $C1b$ y la incisión inferior $C1d$ que son adyacentes entre sí en la dirección de la longitud de las fibras para formar los segmentos de fibra $FS1$ que tienen una longitud de fibra L o el intervalo 11, en el rango de 10 a 100 mm. Esta longitud L de las fibras se denomina longitud de segmento de fibra L .

[0057] El material de base preimpregnado $P1$ mostrado en la Fig. 1 es una variante no reivindicada en la que todos los segmentos de fibra tienen la misma longitud L y todas las hendiduras tienen la misma longitud (longitud proyectada) W_s . En la Fig. 1, las incisiones discretas en una primera fila de hendiduras CRa coinciden con las incisiones con pausas en una tercera fila de hendiduras CRc a medida que se mueven, manteniendo el paralelismo, en la dirección de la longitud de las fibras sobre una distancia igual a la longitud del segmento de fibra L . De forma similar, las incisiones discretas en una segunda fila de hendiduras CRb coinciden con las incisiones discretas en una cuarta fila de hendiduras CRd a medida que se mueven, manteniendo el paralelismo, en la dirección de la longitud de las fibras sobre una distancia igual a la longitud del segmento de fibra L .

[0058] Algunas de las fibras se cortan tanto en la primera y segunda filas de hendiduras CRa y CRb como en la tercera y cuarta filas de hendiduras CRc y CRd , dando lugar al solapamiento de incisiones $CO1$ con una distancia 13 que forman segmentos de fibra más cortos que la longitud del segmento de fibra L . Así, las fibras en este solapamiento con una distancia 13 son cortadas no sólo por las incisiones $C1b$ y $C1d$ sino también por la incisión $C1c$ realizada entre ellas. La existencia del solapamiento de incisiones $CO1$, que resulta cuando las incisiones se proyectan en la dirección de disposición de las fibras, sirve para la producción estable de materiales de base preimpregnados que tienen una longitud de segmento de fibra de 100 mm o menos.

[0059] El material de base preimpregnado $P1$ mostrado en la Fig. 1 incluye dos patrones de incisiones, es decir, las incisiones $C1b$ que tienen una longitud constante y están inclinadas de derecha a izquierda y las incisiones $C1c$ que tienen una longitud constante y están inclinadas de izquierda a derecha. Este material de base preimpregnado se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado con incisiones oblicuas de longitud constante.

[0060] En las Figs. 2 (a)-(f) se ilustran otros seis patrones de incisión diferentes. En la Fig. 2, no se muestran las fibras de refuerzo alineadas, pero las fibras de refuerzo están orientadas en la dirección superior-inferior (dirección vertical) en la Fig. 2. Aquí, se puede utilizar cualquier patrón de incisión si se cumplen los requisitos mencionados anteriormente. El material de base preimpregnado mostrado en la Fig. 2(a), (b) o (c) ofrece una variante en la que la dirección de las hendiduras $C2a$, $C2b$ y $C2c$ es perpendicular a la dirección de orientación de las fibras, y estas variantes del material de base preimpregnado se denominan en lo sucesivo material de base preimpregnado de longitud constante perpendicular. En el material de base preimpregnado mostrado en la Fig. 2(d), (e) o (f) se da una

variante en la que la dirección de las hendiduras C2d, C2e y C2f es oblicua a la dirección de orientación de las fibras, y estas variantes del material de base preimpregnado son el material de base preimpregnado de longitud constante oblicua.

[0061] Las fibras de refuerzo que se utilizarán para el material de base preimpregnado de la invención incluyen, por ejemplo, fibras orgánicas como la fibra de aramida, la fibra de polietileno y la fibra de poli(parafenileno benzoxazol) (PBO); fibras inorgánicas como la fibra de vidrio, la fibra de carbono, la fibra de carburo de silicio, la fibra de alúmina, la fibra de Tyranno, la fibra de basalto y la fibra cerámica; fibras metálicas como la fibra de acero inoxidable y la fibra de acero; otras fibras de refuerzo como la fibra de boro, la fibra natural y la fibra natural modificada.

[0062] Entre otras, la fibra de carbono, en particular, es ligera en Comparación con otras fibras de refuerzo. Además, es particularmente alta en resistencia específica y módulo específico, y también alta en resistencia al calor y resistencia química, sirviendo así eficazmente como material para el panel del automóvil y otros elementos de este tipo que deben ser ligeros. En particular, son preferibles las fibras de carbono a base de PAN, que generalmente tienen una alta resistencia.

[0063] Las resinas de matriz que se utilizarán para el material de base preimpregnado de la invención incluyen, por ejemplo, resinas termoendurecibles como la resina epoxi, la resina de poliéster insaturado, la resina de éster de vinilo, la resina de fenol, la resina de acrilato epoxi, la resina de acrilato de uretano, la resina fenoxi, la resina alquídica, la resina de uretano, la resina de maleimida y la resina de cianato; y resinas termoplásticas como poliamida, poliacetal, poliacrilato, polisulfona, ABS, poliéster, acrílico, tereftalato de polibutileno (PBT), tereftalato de polietileno (PET), polietileno, polipropileno, sulfuro de polifenileno (PPS), poliéter éter cetona (PEEK), polímero de cristal líquido, cloruro de polivinilo, politetrafluoroetileno, otras resinas a base de flúor y silicona.

[0064] De estas, el uso de una resina termoendurecible es particularmente preferible. Si se utiliza una resina termoendurecible como resina matriz, los materiales de base preimpregnados tendrán pegajosidad a temperatura ambiente. Si dichos materiales de base preimpregnados se combinan en un laminado, los materiales de base preimpregnados adyacentes se integrarán firmemente debido a la adhesividad, lo que permitirá mantener la estructura laminada prevista en la producción de moldeados. Por otro lado, si se utiliza una resina termoplástica que no tiene pegajosidad a temperatura ambiente como resina matriz en los materiales de base preimpregnados, los materiales de base preimpregnados adyacentes se deslizarán fácilmente unos sobre otros en el laminado de materiales de base preimpregnados. Es probable que la estructura del laminado se deforme durante el proceso de moldeo, dando lugar a plásticos reforzados con fibras que tienen una gran irregularidad en la orientación de las fibras. En particular, la diferencia entre ellas será particularmente significativa cuando para el moldeo se utilice un molde que tenga porciones de superficie irregulares.

[0065] Si se utiliza una resina termoendurecible como resina matriz, además, el material de base preimpregnado de la invención tendrá buenas propiedades de caída a temperatura ambiente. Si, por ejemplo, se utiliza un molde que tiene porciones de superficie irregulares para producir moldeados, será fácil realizar una conformación preliminar para ajustarse a la irregularidad de antemano. Esta conformación preliminar sirve para mejorar la moldeabilidad, y facilitar el control del flujo de fibras.

[0066] El material de base preimpregnado de la invención puede pegarse en un elemento de soporte en forma de cinta. El uso de un elemento de soporte hace posible que un material de base preimpregnado mantenga su forma incluso si todas las fibras contenidas son cortadas por incisiones, evitando que las fibras se aflojen durante el paso de conformación. En este caso, es más preferible que la resina matriz sea una resina termoendurecible que tenga pegajosidad.

[0067] El elemento de soporte en forma de cinta puede ser de papel, como el papel kraft, de una película de polímero, como el polietileno y el polipropileno, o de una lámina metálica, como el aluminio, y su superficie puede procesarse con un agente desmoldeante a base de silicona o teflón (marca registrada) o con una deposición metálica para mejorar la capacidad de liberación de una resina.

[0068] Entre las resinas termoendurecibles, es preferible que sean resina epoxi, resina de poliéster insaturado, resina de éster de vinilo, resina de fenol, resina acrílica, o su mezcla. Se prefiere que estas resinas tengan una viscosidad de resina de 1×10^6 Pa·s o menos a temperatura ambiente (25°C), porque se puede producir un material de base preimpregnado que tenga la pegajosidad y la propiedad de caída deseadas si la viscosidad está en este rango. En particular, un material de base preimpregnado que comprende una resina epoxi como resina matriz y fibras de carbono como fibras de refuerzo puede servir para producir el moldeado (material compuesto reforzado con fibras) que tiene excelentes características mecánicas.

[0069] Para dicha resina matriz, se prefiere que la resina termoendurecible pueda curar en 10 minutos a una temperatura T en el rango de (Tp-60) a (Tp+20) donde Tp denota la temperatura pico exotérmica de la resina

termoendurecible como se mide por DSC. Aquí, "la resina puede curar" significa que el precursor de moldeo que comprende una resina termoendurecible mantiene su forma cuando se saca después de mantenerse a una cierta temperatura durante un cierto período de tiempo. Específicamente, se evalúa colocando 1,5 ml de la resina termoendurecible en una junta tórica de politetrafluoroetileno con un diámetro interior de 31,7 mm y un grosor de 3,3 mm colocada en una prensa calentada, realizando el calentamiento y el prensado durante 10 minutos para asegurar la reacción de reticulación, y luego determinando si la muestra de resina puede sacarse en un estado no deformado.

[0070] Si la temperatura T a la que la resina termoendurecible puede curar en 10 minutos es superior a $(T_p+20)^\circ\text{C}$, es probable que la resina sufra una reacción excesivamente rápida que provoque vacíos en la resina, lo que provocaría un curado inadecuado. Si es inferior a $(T_p-60)^\circ\text{C}$, se requerirá un largo período de calentamiento durante el proceso de moldeo, lo que impondrá una limitación en las condiciones de moldeo. Por lo tanto, es preferible el rango antes mencionado. La temperatura pico exotérmica T_p se mide por DSC a una velocidad de calentamiento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$.

[0071] Las resinas termoendurecibles que tienen tales características de curado como las descritas anteriormente incluyen al menos la resina epoxi, que debe utilizarse con un compuesto a base de amina como agente de curado y un compuesto que comprende dos o más enlaces de urea en una molécula como acelerador de curado. Específicamente, los aceleradores de curado preferibles incluyen 2,4-tolueno bis (dimetil urea) y 4,4-metileno bis (fenil dimetil urea).

[0072] Como método para formar incisiones en un material de base preimpregnado elemental (un material de base preimpregnado preliminar) que comprende fibras de refuerzo continuas orientadas en una dirección como material original y una resina matriz adherida a las fibras de refuerzo para producir un material de base preimpregnado que tiene incisiones de la invención, al principio, se produce un material de base preimpregnado preliminar. Las incisiones se proporcionan en el material de base preimpregnado producido mediante trabajo manual con un cortador o una máquina de corte. Como otro método, por ejemplo, en una etapa de producción de un preimpregnado que comprende fibras continuas dispuestas en una dirección, el preimpregnado que se está produciendo se presiona continuamente mediante un rodillo rotatorio provisto de cuchillas en posiciones predeterminadas, o un material de base preimpregnado de varias capas se presiona y se incide mediante una matriz provista de cuchillas en posiciones predeterminadas. El primer método es mejor cuando se realizan incisiones en un material de base preimpregnado preliminar de forma sencilla, mientras que este último es mejor para procesar un gran número de materiales de base con una alta eficiencia de producción.

[0073] Cuando se va a utilizar un rodillo rotatorio, se puede utilizar un rodillo directamente mecanizado seguido del suministro de las cuchillas necesarias. Además, puede utilizarse un rodillo rotatorio que comprenda un rodillo magnético, etc. y una matriz similar a una lámina que se prepara con una placa plana provista de cuchillas formadas por corte en posiciones predeterminadas y que se enrolla sobre el rodillo magnético. En este caso, las cuchillas pueden sustituirse fácilmente para realizar diferentes patrones de incisión. El uso de tales rodillos rotatorios sirve para hacer incisiones adecuadas en un material de base preimpregnado preliminar incluso cuando se exige preparar un material de base preimpregnado que tenga una longitud de segmento de hendidura W_s que sea corta (por ejemplo, 1 mm o menos).

[0074] Después de formar las incisiones en los materiales preimpregnados preliminares, los materiales de base preimpregnados pueden ser unidos por termocompresión con un rodillo, etc. para permitir que una resina rellene y se fusione con las porciones incisas para mejorar la manejabilidad de los materiales de base preimpregnados.

[0075] En cuanto a la dirección de las incisiones en el material de base preimpregnado, se prefiere que, como se muestra en las Figs. 2(d), (e) y (f), las incisiones sean oblicuas a la dirección perpendicular (dirección horizontal HD en la Fig. 2) a la dirección de longitud de las fibras (dirección vertical VD en la Fig. 2).

[0076] Si las incisiones deben formarse en la dirección perpendicular (dirección horizontal HD en la Fig. 2) a la dirección de la longitud de las fibras en un material de base preimpregnado preliminar que se suministra en la dirección de las fibras en un proceso industrial, será necesario cortar las fibras en un instante. Esto no sólo requiere una gran fuerza, sino que también reduce la durabilidad de las cuchillas. Además, es probable que las fibras sean empujadas en la dirección perpendicular (dirección horizontal HD en la Fig. 2) a la dirección de la fibra, dejando muchas fibras sin cortar.

[0077] Por otro lado, debido a que las incisiones son oblicuas a la dirección perpendicular (dirección horizontal HD en la Fig. 2) a la dirección de la fibra, el número de fibras cortadas por unidad de longitud de las cuchillas disminuye, lo que hace posible cortar las fibras con una fuerza menor, mantener la durabilidad de las cuchillas en un nivel alto y disminuir el número de fibras sin cortar. Además, como las incisiones son oblicuas a la dirección perpendicular (dirección horizontal HD en la Fig. 2) a la dirección de la fibra, la longitud del segmento de hendidura W_s puede ser menor que la longitud de la incisión medida a lo largo de la dirección de las incisiones, y el número de fibras cortadas por una incisión disminuye, sirviendo probablemente para mejorar la resistencia de los moldeados. Si las incisiones deben realizarse en la dirección perpendicular (dirección horizontal HD en la Fig. 2) a la dirección de la fibra, es

preferible utilizar cuchillas cortas para disminuir la longitud del segmento de corte W_s , pero esto no es deseable en vista de la durabilidad y procesabilidad.

[0078] En el material de base preimpregnado de la invención, se prefiere que los segmentos de hendidura se proporcionen desde las caras superior e inferior del material de base preimpregnado en la dirección del grosor del material de base preimpregnado sin penetrar en el material de base preimpregnado (capa), que una profundidad de corte H_s de cada uno de los segmentos de hendidura, medida desde las caras superior e inferior del material de base preimpregnado en su dirección del grosor, esté en el rango de 0,4 a 0,6 veces el grosor H del material de base preimpregnado, que un intervalo L_a entre cualquier segmento de hendidura A en la cara superior y otro segmento de hendidura B en la cara superior adyacente al segmento de hendidura A en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo (dirección de la longitud de las fibras) esté en el rango de 10 a 100 mm, que el centro geométrico de un segmento de hendidura C proporcionado en la cara inferior esté situado en una posición en la que su distancia (valor de desplazamiento) medida desde el segmento de hendidura A hacia el segmento de hendidura B en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo sea de 0,4 a 0,6 veces L_a , que una parte de las fibras de refuerzo existentes entre el segmento de hendidura A y el segmento de hendidura B en la cara superior sea cortada tanto por el segmento de hendidura A en la cara superior como por el segmento de hendidura C en la cara inferior o tanto por el segmento de hendidura B en la cara superior como por el segmento de hendidura C en la cara inferior, y que las formas geométricas de los segmentos de hendidura en la cara superior y/o las formas geométricas de los segmentos de hendidura en la cara inferior sean iguales entre sí. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de incisión en dos caras.

[0079] La profundidad de las incisiones tiene una gran influencia en la resistencia de los productos moldeados resultantes, como se ha descrito anteriormente, y existen límites para la producción de materiales de base preimpregnados finos a bajo coste. Sin embargo, los inventores han descubierto que si las incisiones de las caras superior e inferior a una profundidad de aproximadamente la mitad del grosor del material de base preimpregnado se realizan en una etapa de formación de incisiones, pueden servir para mejorar en gran medida la resistencia de los productos moldeados manteniendo la fluidez de las fibras. El término "centro geométrico" utilizado aquí se define como el punto alrededor del cual el primer momento es cero. Para un segmento de hendidura S, el centro geométrico G tiene la relación expresada por la siguiente ecuación (Fórmula II) con el punto X (numerado 14 en la Fig. 1).

$$\int_S (G - X) dx = 0 \quad \text{Formula II}$$

[0080] Cada uno de los segmentos de hendidura que tienen la misma forma geométrica entre sí al menos en las caras superior e inferior de un material de base preimpregnado significa que todos los segmentos de fibra formados a partir de fibras cortadas por un par de segmentos de hendidura adyacentes en la dirección de orientación de las fibras tienen la misma longitud. Se prefiere que los segmentos de hendidura en las caras superior e inferior tengan la misma forma geométrica.

[0081] La Fig. 5 muestra una vista en sección longitudinal de un material de base preimpregnado de dos caras. En la Fig. 5, las fibras de refuerzo están orientadas en la dirección izquierda-derecha (dirección horizontal) en el material de base preimpregnado de dos caras P5, y el material de base preimpregnado P5 tiene un grosor H (longitud numerada 51 en la dirección vertical en la Fig. 5). El material de base preimpregnado de dos caras P5 comprende un gran número de incisiones C5U formadas en la cara superior y un gran número de incisiones C5L formadas en la cara inferior.

[0082] En la cara superior del material de base preimpregnado P5, los segmentos de hendidura adyacentes A y B están provistos de una distancia L_a (longitud numerada 52 en la dirección horizontal en la Fig. 5), y ambos segmentos de hendidura A y B tienen una profundidad de incisión H_s , medida desde la cara superior en la dirección del grosor. La cara inferior del material de base preimpregnado P5, por otro lado, contiene un segmento de hendidura C, que tiene una profundidad de incisión H_s desde la cara inferior en la dirección del grosor. Como en el caso de los segmentos de hendidura A y B, un segmento de hendidura adyacente al segmento de hendidura C está provisto de la distancia L_a . Los segmentos de hendidura adyacentes se denominan como un par de segmentos de hendidura.

[0083] Es más preferible que todos los pares de segmentos de hendidura tengan la misma distancia L_a . También es preferible que la incisión C en la cara inferior esté situada a una distancia (valor de desplazamiento) de $0,5L_a$ desde el segmento de hendidura A cuando se mide en la dirección de la longitud de las fibras.

[0084] Si las posiciones de los segmentos de hendidura se ajustan de manera que los segmentos de hendidura estén situados a intervalos regulares, las distancias entre estos segmentos de hendidura (distancia numerada 53 medida en la dirección horizontal en la Fig. 5), es decir la distancia entre el segmento de hendidura A en la cara superior y el segmento de hendidura C en la cara inferior medida en la dirección de orientación de las fibras y la distancia entre el

segmento de hendidura B en la cara superior y el segmento de hendidura C en la cara inferior medida en la dirección de orientación de las fibras, puede ser maximizada, minimizando así la posibilidad de que los segmentos de hendidura se unan entre sí para actuar como defectos que causen el desprendimiento entre capas en los productos moldeados.

[0085] Óptimamente, la profundidad de la incisión H debe ser de 0,5H para que el tamaño del defecto sea uniforme, minimizando el tamaño de los defectos contenidos para minimizar la carga que cause la destrucción. Sin embargo, si existen fibras que no son cortadas ni por los segmentos de hendidura de la cara superior ni por los segmentos de corte de la cara inferior, la fluidez de las fibras disminuirá en gran medida. Para evitar tal disminución de la fluidez, se prefiere que los segmentos de hendidura que tienen una profundidad de incisión Hs de aproximadamente 0,55H, es decir, la suma de 0,5H y 0,05H (el solapamiento CO5 en la Fig. 5), se realicen desde las caras superior e inferior. Esto evita la disminución de la fluidez de las fibras en los moldeados durante un proceso de moldeo, sirviendo para la producción estable de moldeados libres de defectos de calidad.

[0086] Como medio para formar incisiones en un material de base preimpregnado desde sus caras superior e inferior, se prepara primero un material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) que comprende fibras de refuerzo continuas orientadas en una dirección y una resina matriz adherida a las fibras de refuerzo, seguido de la presión de un rodillo giratorio provisto de cuchillas en posiciones predeterminadas contra las caras superior e inferior del material de base preimpregnado preliminar para formar incisiones en la dirección del grosor del material de base preimpregnado que no penetran en el material de base preimpregnado (capa).

[0087] Un plástico reforzado con fibra que se produce preparando un laminado que comprende al menos un material de base preimpregnado de incisión en dos caras como capa componente y moldeando el laminado resultante para que tenga características como las que se describen a continuación.

[0088] Así, el material de base preimpregnado de dos caras tiene una estructura específica que contiene incisiones con fibras orientadas situadas inmediatamente por encima o por debajo de ellas para evitar que se abran. Esto evita o retrasa el progreso de la destrucción desde las incisiones donde se cortan las fibras de refuerzo, lo que hace que el plástico reforzado con fibra tenga una alta resistencia.

[0089] Si los segmentos de hendidura en el material de base preimpregnado de la invención tienen un ángulo de inclinación θ_a en la dirección del grosor del material de base preimpregnado, con una distancia S entre la línea de corte de una hendidura en las fibras de refuerzo en la cara superior del material de base preimpregnado y la de la hendidura en la cara inferior medida en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo, el ángulo de inclinación θ_a determinado por la siguiente ecuación (Fórmula I) a partir de la distancia S y el grosor H del material de base preimpregnado debería estar preferiblemente en el rango de 1 a 25°.

$$\theta_a = \tan^{-1} \left(\frac{H}{S} \right) \quad \text{Formula I}$$

[0090] Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de incisión inclinada.

[0091] Como se ha descrito anteriormente, la profundidad de la incisión tiene una gran influencia en la resistencia porque las fibras, que transfieren una gran proporción de la carga, son cortadas por las incisiones para evitar la transferencia de la carga, lo que conduce a una concentración de la tensión.

[0092] Se ha descubierto qué si se realizan incisiones inclinadas en la dirección del grosor del material de base preimpregnado para formar una figura geométrica específica en la que las fibras cortadas se superponen entre sí, la existencia de las incisiones inclinadas permite que las fibras cortadas transfieran suavemente la carga aplicada a las fibras. En particular, se obtienen moldeados que tienen características mecánicas ampliamente mejoradas cuando el ángulo de inclinación θ_a de las incisiones es de 25° o menos. Por otro lado, será muy difícil formar incisiones inclinadas que tengan un ángulo de inclinación θ_a de menos de 1°.

[0093] Esta es una manera de formar incisiones inclinadas en la dirección del grosor en una base de preimpregnado para formar incisiones inclinadas directamente. Otra forma, por ejemplo, es preparar un material de base preimpregnado preliminar que comprende fibras de refuerzo dispuestas en una dirección, hacer incisiones que penetran en la capa en la dirección del grosor, calentar para ablandar el material de base preimpregnado preliminar y, mientras se mantiene el estado, presionar rodillos compresores que tienen diferentes velocidades de rotación contra las caras superior e inferior para causar una fuerza de cizallamiento para inclinar las secciones en las fibras de refuerzo en la dirección del grosor.

[0094] La Fig. 6 muestra una sección transversal esquemática longitudinal en un modo de realización del material de base preimpregnado de incisión inclinada producido por esta última manera. En la Fig. 6, las fibras de refuerzo están orientadas en la dirección izquierda-derecha (dirección horizontal) en el material de base preimpregnado de incisión inclinada P6, y el material de base preimpregnado de incisión inclinada P6 tiene un grosor H (longitud numerada 61 en la dirección vertical en la Fig. 6).

[0095] Como se observa en la Fig. 6, las líneas de corte (líneas de incisión) en las fibras de refuerzo que muestran incisiones que penetran desde la cara superior a la cara inferior, inicialmente en la dirección del grosor del material de base preimpregnado (dirección vertical), se cambian a las líneas de corte (líneas de incisión) 62 en las fibras de refuerzo que están inclinadas en la dirección del grosor del material de base preimpregnado como resultado de una fuerza de cizallamiento aplicada por rodillos compresores que tienen diferentes velocidades de rotación a las caras superior e inferior. Además, las líneas de corte reales (líneas de incisión) 62 tienen una forma de zigzag. Por lo tanto, no se puede decir que las líneas de corte 62 (incisiones C6) sean rectas.

[0096] Por comodidad, la distancia, medida en la dirección de orientación de la fibra (la dirección horizontal en la Fig. 6), entre la posición de una incisión en la cara superior y la posición de una incisión en la cara inferior en el material de base preimpregnado de incisión inclinada 6P se denomina distancia S (distancia de corte S) (la distancia numerada 63 medida en la dirección horizontal en la Fig. 6), y la línea recta que une la posición de la incisión en la cara superior y la posición de la incisión en la cara inferior en el material de base preimpregnado de incisión inclinada 6P se denomina línea de corte 64. El ángulo entre la línea de corte 64 y la cara superior del material de base preimpregnado P6 se denomina ángulo de inclinación Θ_a . La distancia de cizallamiento S se determina promediando la distancia de cizallamiento de todas las incisiones contenidas en la cara del material de base preimpregnado P6. El ángulo de inclinación Θ_a de las incisiones se calcula a partir de la distancia de cizallamiento S y el grosor H del material de base preimpregnado P6 mediante la siguiente ecuación (Fórmula I).

$$\Theta_a = \tan^{-1} \left(\frac{H}{S} \right) \quad \text{Formula I}$$

[0097] En este caso, se prefiere que la distancia de cizallamiento S en el material de base preimpregnado de incisión inclinada esté en el rango de 50 μm a 5 mm.

[0098] Un plástico reforzado con fibra producido mediante la preparación de un laminado que comprende el material de base preimpregnado de incisión inclinada al menos como una capa componente y el moldeo del laminado resultante tiene la siguiente característica distintiva.

[0099] Un moldeoado producido contiene una capa de fibra de refuerzo en la que los extremos cortados de las fibras de refuerzo están alineados en un plano inclinado en la dirección del grosor como resultado del uso del material de base preimpregnado de incisión inclinada. La distribución de estos extremos cortados de las fibras de refuerzo en la capa de fibras de refuerzo es similar a la de los bordes de las fibras inclinadas en la dirección del grosor en la Fig. 6. La existencia de los extremos cortados de las fibras de refuerzo distribuidos de tal manera mejora la eficiencia de la transferencia de carga entre los bordes de las fibras en el moldeoado resultante, evitando así que la destrucción comience en las incisiones (extremos cortados de las fibras de refuerzo). En particular, este efecto se potencia cuando la distancia entre los bordes de las fibras es pequeña. En consecuencia, se puede conseguir una resistencia muy alta en el caso de un moldeoado que tenga una forma simple que no requiera que las fibras fluyan de forma extremadamente suave para un moldeoado flexible.

[0100] Un material de base laminado de la invención comprende una pluralidad de materiales de base preimpregnados, cada uno de los cuales comprende muchas fibras de refuerzo dispuestas sustancialmente en una dirección y una resina matriz, y los cuales están laminados e integrados entre sí, en el que al menos un material de base preimpregnado en el material de base preimpregnado laminado es el material de base preimpregnado de la invención, y las direcciones de disposición de las fibras de refuerzo en el material de base preimpregnado laminado son al menos dos direcciones diferentes.

[0101] La Fig. 3A muestra una vista parcialmente extraída de un material de base laminado. La Fig. 3B muestra una vista de la sección transversal A-A especificada en la Fig. 3A. En la Fig. 3A, el material de base laminado LB3 es un producto laminado híbrido que comprende cuatro capas del material de base preimpregnado de la invención, P3a, P3b, P3c y P3d, y una capa de un material de base preimpregnado no inciso 31. La dirección de orientación de las fibras de refuerzo en las cuatro capas del material de base preimpregnado P3a, P3b, P3c y P3d está en la dirección de 45°, 0°, -45° y 90°, respectivamente. Los materiales de base preimpregnados P3a, P3b, P3c y P3d tienen muchos segmentos de hendidura C3a, C3b, C3d y C3d, respectivamente.

[0102] El material de base laminado de la invención puede comprender sólo una laminación de una pluralidad de materiales de base preimpregnados de la invención, o un material de base convencional ampliamente utilizado para producir plástico reforzado con fibra moldeado laminado con al menos un material de base preimpregnado de la invención.

[0103] Si sólo una capa del material de base laminado es el material de base preimpregnado de la invención, el flujo de la resina matriz durante el proceso de moldeo hará que la fibra fluya sólo en la dirección perpendicular (dirección de 90°) a la dirección de orientación de las fibras. Así, el flujo de la resina en la dirección de 90° es la fuerza motriz para mover las fibras, y por lo tanto, se producirá una fluidez preferible de las fibras en el caso de un material de base laminado que comprende dos o más capas de material de base preimpregnado, al menos una de las cuales es el material de base preimpregnado de la invención alineado con su dirección de orientación de las fibras que está en una dirección diferente de la otra.

[0104] Si por alguna razón, los materiales de base preimpregnados de la invención tienen que ser adyacentes entre sí en dicho material de base laminado con su dirección de orientación de fibra coincidiendo entre sí, se prefiere que las incisiones en ellos no se superpongan entre sí. Es preferible que se proporcione un material tal como una película de resina entre los materiales de base preimpregnados de la invención para mejorar la fluidez de las fibras.

[0105] Si dicha fluidez de las fibras no es necesaria en algunas porciones en el material de base laminado, es preferible que se lamine un material de base que comprenda fibras continuas. En tal caso, esto puede mejorar las características mecánicas en dichas porciones. Dependiendo de la forma de un moldeo previsto, se puede utilizar un material de base preimpregnado unidireccional sin incisiones en la laminación con el material de base preimpregnado de la invención. Por ejemplo, no habrá problemas con la fluidez de las fibras en un producto tubular que tenga una forma de sección transversal constante, si se utiliza un material de base preimpregnado unidireccional sin incisiones en la dirección libre de cambios de forma.

[0106] Las Figs. 4A y 4B muestran una sección longitudinal para describir el mecanismo del flujo de fibras que tendrá lugar cuando se utilice el material de base preimpregnado de la invención. La Fig. 4A muestra un material de base laminado LB4 que comprende un material de base preimpregnado P4x que tiene una dirección de disposición de fibras de 90° colocado en la superficie de una matriz de moldeo inferior 41, un material de base preimpregnado P4a de la invención que tiene incisiones y una dirección de disposición de fibras de 0° colocado sobre el material de base preimpregnado P4x, y además, un material de base preimpregnado P4y que tiene una dirección de disposición de fibras de 90° colocado sobre el material de base preimpregnado P4a.

[0107] Se aplica una presión 42 desde arriba del material de base laminado LB4 mediante una matriz de moldeo superior (no mostrada), y se produce un moldeo. Durante este proceso de moldeo, como se muestra en la Fig. 4B, una resina que es exprimida por la presión 42 forma un flujo de resina 43 en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras en el material de base preimpregnado P4x y el material de base preimpregnado P4y, y los bordes de corte adyacentes de las fibras de refuerzo en una incisión C4 son desplazados por el flujo alejándose unos de otros para formar un hueco (abertura) 44.

[0108] Si cada capa contiene fibras en diferentes direcciones de orientación, los flujos de fibras entre las capas serán causados en consecuencia en diferentes direcciones sobre diferentes distancias, pero el desplazamiento será absorbido por el deslizamiento entre las capas. Por lo tanto, incluso si el contenido de volumen de fibra Vf es tan alto como 45 a 65%, se puede lograr una alta fluidez de la fibra porque el material de base laminado de la invención tiene una estructura que permite que la resina se distribuya de manera desigual entre las capas.

[0109] En el caso de un SMC, los filamentos cortados dispersos al azar diferirán en cuanto a la fluidez y fluirán en diferentes direcciones, pero las fibras interferirán entre sí para impedir el flujo. Por lo tanto, la fluidez puede mantenerse sólo cuando el contenido de volumen de fibra Vf es inferior a aproximadamente el 40%.

[0110] Como resultado, el material de base laminado de la invención puede permitir que las fibras tengan una alta fluidez incluso si tiene un alto contenido de volumen de fibra Vf para producir moldeados que tengan buenas características mecánicas. La viscosidad de la resina durante el proceso de moldeo debe ser preferiblemente de 1x 104 Pa-s o menos para mantener una fluidez de la resina deseada, pero una viscosidad de la resina de menos de 0,01 Pa-s no siempre será preferible porque se impedirá una transferencia de fuerza eficiente a las fibras por la resina.

[0111] Se prefiere que el material de base laminado de la invención comprenda únicamente los materiales de base preimpregnados de la invención y que las fibras de refuerzo estén alineadas de forma pseudo-isotrópica en todo el material de base laminado. El uso exclusivo de los materiales de base preimpregnados de la invención permite que el aire atrapado durante un proceso de laminación sea liberado a través de incisiones en la dirección del grosor para evitar la formación de vacíos, sirviendo para producir moldeados que tienen buenas características mecánicas.

[0112] En particular, la laminación isotrópica como [+45/ 0/ -45/ 90]s y [0/ 660]s es preferible porque sirve para producir moldeados que tienen propiedades físicas uniformes y evitan la deformación de los mismos. Como se ha descrito anteriormente, además, el flujo de la resina en la dirección de 90° es la fuerza motriz para mover las fibras, y aunque las condiciones de flujo de las fibras diferirán dependiendo de las orientaciones de las fibras en las capas adyacentes, el uso de la laminación pseudo-isotrópica ayudará a conseguir una fluidez isotrópica de las fibras, lo que conlleva poca variación en la fluidez de las mismas. Por lo tanto, este material de base laminado puede ser un material de moldeo preferible para producir moldeados altamente robustos.

[0113] En el material de base laminado de la invención, se prefiere que dos capas adyacentes que tengan sustancialmente la misma dirección de fibra (dos capas de +45°, dos capas de 0°, dos capas de -45° o dos capas de 90° en un material de base laminado de [+45/ 0/ -45/ 90]s, por ejemplo) contienen filas de hendiduras, cada una de las cuales comprende muchos segmentos de hendidura, alineadas a intervalos regulares, y que las hendiduras de las filas de una de las capas de material de base preimpregnado están desplazadas en la dirección de la longitud de las fibras respecto a las hendiduras de las filas de la otra capa de material de base preimpregnado.

[0114] Un plástico reforzado con fibra producido por el moldeo del material de base laminado de la invención comenzará a destruirse cuando las incisiones en las capas principales que soportan la carga aplicada, se hayan unido entre sí. Cuando se aplica una carga a un plástico reforzado con fibra, los pares de capas principales que soportan la carga aplicada son los que tienen sustancialmente la misma dirección de fibra, y la resistencia del plástico reforzado con fibra puede mejorarse impidiendo la unión entre las incisiones en esas capas adyacentes.

[0115] Por lo tanto, la resistencia puede mejorarse desplazando las posiciones de las incisiones en una capa, como se ve cuando se proyectan desde una dirección fuera del plano del material de base laminado, en Comparación con las de la capa adyacente con la misma dirección de orientación. Se prefiere que las posiciones de las incisiones en las capas adyacentes con la misma orientación se desplacen entre sí en la dirección de la longitud de las fibras en 0,5X, donde X denota la distancia entre las filas de las incisiones. Esto se debe a que la distancia entre las incisiones se maximiza en este estado. En particular, puede obtenerse un plástico reforzado con fibra que tenga una resistencia ampliamente mejorada si las posiciones de las incisiones se desplazan en la dirección de la longitud de las fibras en las capas que soportarán sustancialmente la carga aplicada al plástico reforzado con fibra resultante, es decir, las capas con fibras orientadas en una dirección dentro de $\pm 10^\circ$ de la dirección de la carga.

[0116] La Fig. 9 muestra una vista en planta de un patrón de incisión típico en cada uno de los materiales de base preimpregnados en un estado de laminación de los materiales de base preimpregnados a laminar. En un laminado que comprende materiales de base preimpregnados laminados que tienen diferentes ángulos de direcciones de disposición de las fibras, donde un material de base preimpregnado α , que es una capa seleccionada aleatoriamente de las que tienen una dirección de disposición de las fibras a lo largo de una dirección de actuación de la carga en un plástico reforzado con fibra que se va a moldear, se compara con un material de base preimpregnado β , que existe en la posición más cercana al material de base preimpregnado α y tiene la misma dirección de disposición de las fibras, se prefiere que las incisiones C9b en un material de base preimpregnado β estén situadas en una posición desplazada en la dirección de longitud de las fibras F9 en 0,5X (la distancia numerada 91 en la dirección horizontal en la Fig. 9), donde X denota la distancia de una C9Ra a otra C9Ra, cada una de los cuales comprende incisiones C9a en un material de base preimpregnado α .

[0117] Aquí, se supone que las fibras están orientadas sustancialmente en la misma dirección para permitir una pequeña divergencia de un ángulo de la dirección de orientación en un momento de la laminación. El término "sustancialmente en la misma dirección" significa generalmente que la divergencia de ángulo está dentro de $\pm 10^\circ$.

[0118] Un plástico reforzado con fibra de la invención se produce curando el material de base laminado de la invención. Un método de curado, o un método de moldeo para producir el plástico reforzado con fibra, puede ser el moldeo por compresión, el moldeo por autoclave, el moldeo por bobinado de láminas, o similares. En particular, el moldeo por compresión es preferible en vista de su eficiencia de producción.

[0119] Cuando se utiliza el material de base laminado de la invención, puede proporcionarse un inserto metálico para montar un elemento giratorio o similar en una porción que comprenda únicamente los materiales de base preimpregnados de la invención, seguido de curado e integración para reducir el coste de montaje. En tales casos, si se proporciona una pluralidad de porciones cóncavas alrededor del inserto metálico, las fibras móviles entrarán fácilmente en la porción cóncava para llenar el espacio, y además, el sellado tendrá lugar como resultado de la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre el metal y las fibras durante el proceso de enfriamiento desde la temperatura de moldeo para permitir que el inserto metálico se integre firmemente.

[0120] El material de base preimpregnado de la invención y el plástico reforzado con fibra de la invención que comprende el primero se emplean preferentemente para usos que incluyen piezas de bicicleta; palos de golf y cabeza de palos de golf y otros equipos deportivos; partes de automóviles como el marco de la puerta y la chapa; y piezas

mecánicas como el brazo de un robot, que deben tener alta resistencia, alta rigidez y peso ligero. En particular, se utilizan preferentemente en paneles de lámina, marcos de lámina y otras partes de automóvil que deben tener alta resistencia y poco peso mientras se mantiene una capacidad de conformación altamente flexible durante un proceso para producir moldeados que tengan una forma complicada.

- 5 [0121] Algunos otros modos de realización del material de base preimpregnado de la invención se describen a continuación. Estos otros modos de realización del material de base preimpregnado también se utilizan de la misma manera que los modos de realización del material de base preimpregnado de la invención descritos anteriormente como material para formar el material de base laminado de la invención o el plástico reforzado con fibra de la invención
- 10 descrito anteriormente. Estos otros modos de realización del material de base preimpregnado tienen acciones y efectos diferentes de los de los modos de realización del material de base preimpregnado de la invención descritos anteriormente, y tales acciones y efectos se describirán a continuación para cada uno de estos otros modos de realización del material de base preimpregnado. Se prefiere que estos materiales de base preimpregnados se utilicen teniendo en cuenta dichas acciones y efectos para producir el material de base laminado de la invención y el plástico reforzado con fibra de la invención como se ha descrito anteriormente.
- 15 [0122] En el material de base preimpregnado de la invención, un ángulo oblicuo θ_b de cada incisión en una superficie del material de base preimpregnado desde la dirección de orientación de cada fibra de refuerzo tiene un valor absoluto en el rango de 2 a 25°. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico.
- 20 [0123] Este material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico tiene una longitud de segmento de fibra L de 10 a 100 mm, un grosor de material de base preimpregnado H de 30 a 300 μm y un contenido de volumen de fibra V_f de 45 a 65%.
- [0124] El material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico, que es un modo de realización del material de base preimpregnado de la invención, se caracteriza por que el ángulo oblicuo θ_b de la dirección de cada incisión (dirección de incisión) desde la dirección de orientación de las fibras de refuerzo tiene un valor absoluto en el
- 25 rango de 2 a 25°.
- [0125] Si el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b supera los 25°, será posible conseguir una fluidez de las fibras y producir un moldeado que tenga unas características mecánicas elevadas en Comparación con un SMC, etc. Sin embargo, las características mecánicas del moldeado pueden mejorarse en gran medida manteniendo el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b en 25° o menos.
- 30 [0126] En cambio, si el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b es inferior a 2°, será difícil realizar incisiones de forma estable en un material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar), aunque se obtiene una fluidez de las fibras y una buena característica mecánica. Es decir, las fibras tienden a alejarse de una cuchilla de corte dificultando así el modo de realización de incisiones de forma estable cuando la dirección de las incisiones se acerca a la dirección de orientación de las fibras.
- 35 [0127] Para permitir que la longitud del segmento de fibra L sea de 100 mm o menos, además, la distancia mínima entre las incisiones adyacentes tiene que ser inferior a 0,9 mm si el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b es inferior a 2°, lo que dificulta la producción estable del material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico. Además, si la distancia entre las incisiones adyacentes es pequeña, será difícil realizar la operación de laminación de los materiales de base preimpregnados de incisión oblicua de ángulo específico para formar un laminado. En vista de
- 40 la relación entre la facilidad de control de la incisión y las características mecánicas, se prefiere que el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b esté en el rango de 5 a 15°.
- [0128] A continuación se describen algunos patrones de incisión preferibles para el material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico haciendo referencia a las Figs. 11 a 14. De estos patrones, los patrones según la figura 11, la figura 13 y los patrones (a), a (c) y (e) de la figura 14 no están de acuerdo con la invención.
- 45 [0129] La figura 11 muestra una vista en planta de un material de base preimpregnado de ángulo específico oblicuo. En la Fig. 11, el material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico P11 comprende un gran número de fibras de refuerzo F11 orientadas en una dirección y una resina matriz (no mostrada) adherida a las fibras de refuerzo F11. La orientación de las fibras F11 está en la dirección vertical VD en la Fig. 11. En el material de base preimpregnado P11, se ha previsto un gran número de incisiones C11 a intervalos en la dirección de orientación de las fibras F11. Cada una de las numerosas incisiones C11 tiene la forma de una incisión continua. Cada incisión C11
- 50 tiene un ángulo oblicuo θ_b (el ángulo numerado 111 en la Fig. 11) con respecto a la dirección de orientación de las fibras. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión continua oblicua de ángulo específico.

- [0130] La Fig. 12 muestra una vista en planta de un modo de realización del material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico. En la Fig. 12, el material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico P12 comprende un gran número de fibras de refuerzo F12 orientadas en una dirección y una resina matriz (no mostrada) adherida a las fibras de refuerzo F12. La orientación de las fibras F12 está en la dirección vertical VD en la Fig. 12. En el material de base preimpregnado P12, se proporciona un gran número de incisiones C12 a intervalos en la dirección de orientación de las fibras F12. Cada una del gran número de incisiones C12 tiene la forma de una incisión con una longitud determinada. Así, el gran número de incisiones C12 comprende un gran número de segmentos de hendidura C12a y C12b. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico y de longitud constante.
- [0131] En la Fig. 11 y la Fig. 12, las fibras F11 y F12 están sustancialmente cortadas en segmentos de fibra por incisiones adyacentes (pares de incisiones) en la dirección de orientación (dirección de longitud) de las fibras. El término "sustancialmente cortado" significa que el 95% o más de las fibras de refuerzo F11 o F12 contenidas en el material de base preimpregnado P11 o P12 están cortadas en más de un segmento. Las incisiones que son adyacentes en la dirección de orientación (dirección de longitud) de las fibras están situadas a intervalos 112 o 122, y esta distancia 112 o 122 es sustancialmente igual a la longitud del segmento de fibra L, aunque puede haber pequeñas diferencias en algunos casos. La longitud del segmento de fibra L está en el rango de 10 a 100 mm. El grosor del material de base preimpregnado H de los materiales de base preimpregnados P11 y P12 está en el rango de 30 a 300 μm .
- [0132] El valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de la incisión C11 en la Fig. 11 y el de la incisión C12 en la Fig. 12 (numerados 111 y 121 en las Figs. 11 y 12, respectivamente) están en el rango de 2 a 25° en toda la cara de los materiales de base preimpregnados.
- [0133] La Fig. 13 muestra vistas en planta de dos tipos de material de base preimpregnado de longitud constante, que son diferentes del material de base preimpregnado de longitud constante de ángulo específico. En la Fig. 13, la orientación de las fibras está en la dirección vertical VD. En la Fig. 13(a), la incisión C13a en el material de base preimpregnado P13a tiene un valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de 90°. En la Fig. 13(b), la incisión C13b en el material de base preimpregnado P13b tiene un valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de más de 25°. Estos materiales de base preimpregnados P13a y P13b no servirán para producir tales moldeados de alta resistencia como los producidos a partir del material de base preimpregnado de longitud constante y ángulo específico.
- [0134] La Fig. 14 muestra una vista en planta del material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico. La Fig. 14 muestra cinco materiales de base preimpregnados P14a, P14b, P14c, P14d y P14e respectivos que tienen diferentes patrones de incisión. Las fibras de refuerzo de los materiales de base preimpregnados mostrados en la Fig. 14 están orientadas en la dirección vertical VD. El material de base preimpregnado P14a mostrado en la Fig. 14(a) tiene un patrón de incisión CP14a en el que se alinean incisiones oblicuas y continuas a intervalos regulares. En cuanto a su forma, las incisiones tienen forma de líneas rectas. El material de base preimpregnado P14b mostrado en la Fig. 14(b) tiene un patrón CP14b en el que las incisiones oblicuas y continuas están alineadas a dos intervalos diferentes. En cuanto a su forma, las incisiones tienen forma de líneas rectas. El material de base preimpregnado P14c mostrado en la Fig. 14(c) tiene un patrón de incisiones CP14c en el que las incisiones continuas están alineadas a intervalos regulares. En cuanto a su forma, las incisiones tienen forma de curvas (líneas serpenteantes). El material de base preimpregnado P14d mostrado en la Fig. 14(d) tiene un patrón de incisión CP14d en el que las incisiones oblicuas y discontinuas están alineadas en dos direcciones diferentes. En cuanto a su forma, las incisiones tienen forma de líneas rectas. El material de base preimpregnado P14e mostrado en la Fig. 14(e) tiene un patrón de incisión CP14e en el que las incisiones oblicuas y discontinuas están alineadas a intervalos regulares. En cuanto a su forma, las incisiones tienen forma de líneas rectas.
- [0135] Las incisiones pueden tener una forma curvada como en la Fig. 14(c), pero preferiblemente deben tener la forma de líneas rectas como en las Figs. 14(a), (b), (d) y (e) porque la fluidez de las fibras puede ser controlada fácilmente. La longitud L de los segmentos de fibra resultantes de las incisiones puede no ser constante como en la Fig. 14(b), pero se prefiere que la longitud de los segmentos de fibra L sea constante en toda la cara del material de base preimpregnado porque la fluidez de las fibras puede controlarse fácilmente y la variación de la resistencia de los moldeados puede reducirse.
- [0136] El término "línea recta" significa esencialmente una parte de una línea recta definida en la geometría, pero puede comprender una parte que no esté definida como línea recta en la geometría siempre que sirva para controlar fácilmente la fluidez de las fibras. Así, la longitud de segmento de fibra L puede no ser constante en algunas partes de la cara del material de base preimpregnado.
- [0137] Los materiales de base preimpregnados mostrados en la Fig. 11 y en las Figs. 14(a), (b) y (c) son variaciones del material de base preimpregnado de incisión continua oblicua de ángulo específico (modo de realización [1]). Por

lo tanto, se proporcionan incisiones continuas en estos materiales de base preimpregnados. En el caso del patrón de incisión en el modo de realización [1], las incisiones no son discontinuas y están libres de flujos perturbados de las fibras alrededor de los bordes cortados y todos los segmentos de fibra en las porciones incisas tienen una longitud constante L, lo que conduce a una fluidez estable de las fibras. Dado que las incisiones son continuas, la periferia del material de base preimpregnado puede contener porciones en las que las incisiones son discontinuas o puede fijarse con un soporte como un papel antiadherente similar a una lámina y libre de incisiones y una película de modo que se elimine la división del material de base preimpregnado por incisiones adyacentes para mejorar la manejabilidad del material de base preimpregnado de incisión continua oblicua de ángulo específico.

[0138] Los materiales de base preimpregnados mostrados en la Fig. 12 y en las Figs. 14(d) y (e) son variaciones del material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico y de longitud constante (modo de realización [2]). Como se ve en la Fig. 12, se proporcionan incisiones discontinuas C12 que tienen una longitud de segmento de hendidura Ws (la longitud numerada 123 en la Fig. 12) de 30 μ m a 100 mm en toda la cara del material de base preimpregnado P12, y se prefiere que la incisión C12a tenga la misma forma geométrica con las incisiones C12b que es adyacente a la incisión C12a en la dirección de la longitud de las fibras.

[0139] Si la longitud del segmento de hendidura Ws es inferior a 30 μ m, será difícil controlar las incisiones y también será difícil mantener la longitud del segmento de fibra L en el rango de 10 a 100 mm en toda la cara del material de base preimpregnado. Así, la fluidez de las fibras se deteriorará mucho si existen fibras sin cortar. Por otra parte, un número excesivo de incisiones dará lugar a porciones que tengan una longitud de segmento de fibra L inferior a 10 mm, lo cual es indeseable.

[0140] Por el contrario, la resistencia del moldeado se mantendrá en un rango pequeño si la longitud del segmento de hendidura Ws es mayor de 10 mm. Por lo tanto, la carga para causar la destrucción se volverá casi constante cuando el número de bordes de las fibras supere un determinado valor.

[0141] El material de base preimpregnado P12 mostrado en la Fig. 12 tiene una longitud de segmento de fibra constante L y una longitud de segmento de hendidura constante Ws. En este caso, cualquier incisión C12 (por ejemplo, la incisión C12a) se solapará con otra incisión C12 (por ejemplo, C12b) al trasladarse a lo largo de la dirección de orientación de las fibras.

[0142] La producción estable del material de base preimpregnado P12 que tiene una longitud de segmento de fibra L de 100 mm o menos puede garantizarse por la existencia del solapamiento 124, que permite cortar las fibras en segmentos con una longitud inferior a la longitud L de los segmentos de fibra cortados por incisiones adyacentes en la dirección de orientación de las fibras.

[0143] El patrón de incisión del modo de realización [2] sirve para lograr una alta manejabilidad del material de base preimpregnado resultante al laminar los materiales de base preimpregnados porque las incisiones son discontinuas. Otros patrones de incisión CP14d y CP14e que son diferentes del patrón de incisión CP12 de la Fig. 12 se muestran en las Figs. 14(d) y 14(e), lo que sugiere que se puede utilizar cualquier patrón de incisión siempre que se cumplan los requisitos mencionados anteriormente.

[0144] En cuanto al modo de realización [2], en vista de las características mecánicas, se prefiere que la longitud del segmento de hendidura Ws esté en el rango de 30 μ m a 1,5 mm. Si el valor absoluto del ángulo oblicuo Ob se mantiene en el rango de 2 a 25°, la longitud del segmento de hendidura Ws (la longitud proyectada Ws) puede ser pequeña en Comparación con la longitud real de la incisión, y es posible formar incisiones muy cortas que tengan una longitud de segmento de hendidura Ws de 1,5 mm o menos de forma estable en un proceso industrial.

[0145] A medida que se reduce la longitud del segmento de hendidura Ws, el número de fibras cortadas por una incisión disminuye, lo que probablemente servirá para la producción de un moldeado que tenga una resistencia mejorada. En particular, se espera que una longitud de segmento de hendidura Ws de 1,5 mm o menos mejore en gran medida la resistencia del moldeado resultante. En vista de la procesabilidad, se prefiere que la longitud del segmento de hendidura Ws esté en el rango de 1 mm a 100 mm para permitir el uso de una herramienta simple para formar incisiones.

[0146] El flujo de la resina matriz y las fibras durante el proceso de moldeo que utiliza el material de base laminado de la invención para producir plástico reforzado con fibra se ha descrito anteriormente haciendo referencia a las Figs. 4A y 4B, pero a continuación se describe el flujo de las fibras en un caso en el que se utiliza la mencionada variante de material de base preimpregnado de incisión continua oblicua de ángulo específico [1]) como un modo de realización del material de base preimpregnado de la invención y un caso en el que se utiliza el material de base preimpregnado de incisión de longitud constante y de ángulo específico (modo de realización [2]) como un modo de realización del material de base preimpregnado de la invención.

[0147] Antes de la descripción, la Fig. 15A se utiliza primero para discutir un producto laminado LB15 producido laminando los materiales de base preimpregnados P15 en los que el valor absoluto del ángulo θ_b entre las incisiones mostradas en la Fig. 13(a) y la dirección de orientación de las fibras es de 90° para ilustrar la Comparación con el material de base preimpregnado de la invención. La Fig. 15A muestra una vista en perspectiva oblicua del producto laminado LB15. Las fibras F15 en el material de base preimpregnado P15 están orientadas en la dirección horizontal en la Fig. 15A. El material de base preimpregnado P15 tiene muchos segmentos de hendidura C15 alineados a intervalos en la dirección de orientación de las fibras. La Fig. 15B, que proporciona la sección transversal A-A especificada en la Fig. 15A, muestra una parte del material de base preimpregnado P15 mediante líneas sólidas.

[0148] Como se ve en la Fig. 15A, las incisiones C15 alineadas verticalmente con la dirección de orientación de las fibras F15 se proporcionan en toda la cara del material de base preimpregnado P15. Las incisiones C15 penetran en el material de base preimpregnado P15 en su dirección de grosor desde la cara superior hasta la cara inferior. Si la longitud del segmento de fibra L está en el rango de 100 mm o menos, se mantiene una fluidez requerida de las fibras y se puede producir fácilmente un plástico reforzado con fibra que tiene una superficie ampliada (pero con un grosor disminuido) que el producto laminado LB15 por moldeo por compresión, etc.

[0149] La Fig. 15C muestra una vista en perspectiva oblicua de un plástico reforzado con fibra FP15 que tiene el área de superficie extendida. Como se ve en la Fig. 15C, cuando se moldea el plástico reforzado con fibra FP15 que tiene el área extendida, la capa (capa de fibras cortas) 151 que comprende muchos segmentos de fibras que se originan en el material de base preimpregnado P15 se extiende en la dirección vertical a las fibras, lo que resulta en la formación de zonas sin fibras (aberturas incisas) 152. Esto se debe a que las fibras de refuerzo no se estiran en la mayoría de los casos bajo una pequeña presión como la utilizada para el proceso de moldeo.

[0150] En la Fig. 15C, las aberturas incisas 152 tienen un tamaño que corresponde a la extensión de la capa de fibras cortas 151. Cuando se produce un plástico reforzado con fibra FP15 que tiene un área de 300×300 mm a partir de un material de base laminado LB15 que tiene un área de 250×250 mm, por ejemplo, el área total de las aberturas incisas 152 será de 50×300 mm en Comparación con el área de superficie de 300×300 mm del plástico reforzado con fibra FP15, lo que indica que las aberturas incisas 152 representan $1/6$ (aproximadamente 16,7%).

[0151] La Fig. 15D muestra la sección transversal A-A especificada en la Fig. 15C e ilustra una abertura incisa 152 resultante y sus proximidades con líneas sólidas. En la Fig. 15D, la capa adyacente 153 ha entrado en la abertura 152 para formar una porción casi triangular rica en resina 154 y la zona 155 que ha aceptado la capa adyacente 153. En consecuencia, cuando se produce un producto laminado LB15 extendiendo el material de base preimpregnado P15 durante el proceso de moldeo, la ondulación de la capa 157 y la porción rica en resina 154 se forman en el borde de corte de la fibra 156, lo que conduce a un deterioro de las características mecánicas y a una disminución de la calidad de la superficie del moldeo resultante.

[0152] Además, la rigidez diferirá entre las porciones llenas de fibra y las libres de resina, y esto conducirá a la formación del plástico reforzado con fibra FP15 con anisotropía en su plano, dificultando el diseño de un producto libre de deformación así como otros problemas. En cuanto a la resistencia, una parte importante de la carga aplicada será transferida por las fibras orientadas en una dirección a unos $\pm 10^\circ$ o menos de la dirección de la carga. La carga tiene que ser redistribuida a las capas adyacentes 153 en el borde de corte de la fibra 156. Aquí, la concentración de tensiones y el desprendimiento tendrán lugar fácilmente si el borde de corte de la fibra 156b es vertical a la dirección de la carga, como se muestra en la Fig. 15D. Por lo tanto, no se puede esperar una mejora significativa de la resistencia del moldeado.

[0153] A continuación, la Fig. 16A se utiliza para ilustrar el producto laminado LB16 que se produce a partir del material de base preimpregnado de incisión continua oblicua de ángulo específico (variante [1]). La Fig. 16A muestra una vista en perspectiva oblicua del producto laminado LB16. Las fibras F16 del material de base preimpregnado P16 están orientadas en la dirección horizontal en la Fig. 16A. El material de base preimpregnado P16 tiene muchas incisiones continuas C16 que están alineadas a intervalos en la dirección de orientación de las fibras y oblicuas a la dirección de orientación de las fibras. El valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de las incisiones C16 está en el rango de 2° a 25° . La Fig. 16B muestra la sección transversal A-A especificada en la Fig. 16A e ilustra una parte del material de base preimpregnado P16 con líneas sólidas.

[0154] Como se ve en la Fig. 16A, se proporcionan incisiones continuas C16 que tienen un valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de 25° o menos con respecto a las fibras F16 en toda la cara del material de base preimpregnado P16, y las incisiones C16 penetran en la capa en su dirección de grosor. Si la longitud del segmento de fibra L está en el rango de 100 mm o menos, se mantiene una fluidez requerida de las fibras y un plástico reforzado con fibra que tiene una superficie extendida, mayor que la del producto laminado LB16, (pero con un grosor disminuido) puede ser producido fácilmente mediante moldeo por compresión, etc.

[0155] La Fig. 16C muestra una vista en perspectiva oblicua del plástico reforzado con fibra FP16 que tiene el área de superficie extendida. Como se ve en la Fig. 16C, cuando el plástico reforzado con fibra FP16 que tiene el área extendida se moldea, la capa (capa de fibra corta) 161 que comprende muchos segmentos de fibra que se originan en el material de base preimpregnado P16 se extiende en la dirección vertical a las fibras mientras que las propias fibras 16 rotan (como se indica con la flecha 162 en la Fig. 16C) para compensar el aumento de la superficie de la porción extendida. Las porciones sin fibras (aberturas incisas) 152 como las mostradas en la Fig. 15C no se formarán sustancialmente. Si algunas incisiones parecen tener aberturas, representarán sólo del 0,1 al 10% del área superficial.

[0156] Como se ve en la Fig. 16D que muestra la sección transversal A-A especificada en la Fig. 16C, por lo tanto, no habrá porciones tales como las aberturas 152 en la Fig. 15C en las que pueda entrar la capa adyacente 163, haciendo posible producir un plástico reforzado con fibra FP16 que tenga alta resistencia y alta calidad que esté libre de ondulaciones de capa o porciones ricas en resina.

[0157] En el moldeo resultante, las fibras F16 existen en toda la cara de la capa de fibras y no hay variaciones de rigidez en el plano, lo que permite diseñar el producto fácilmente como en el caso del plástico reforzado con fibra continuo convencional. Esta clara ventaja de la rotación y el estiramiento de las fibras para permitir la producción de plástico reforzado con fibra libre de ondulaciones de capa puede obtenerse sólo cuando el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b entre las incisiones y las fibras de refuerzo es de 25° o menos y además las incisiones son continuas.

[0158] Además, en cuanto a la resistencia del moldeo, si la atención se centra en las fibras, que están inclinadas unos $\pm 10^\circ$ o menos con respecto a la dirección de carga como se ha descrito anteriormente, se observa que los bordes de corte de las fibras 165 se inclinan con respecto a la dirección de carga, como se muestra en la Fig. 16D. Los bordes de corte de la fibra 165 se inclinan desde la dirección de grosor de la capa, lo que permite una transferencia suave de las cargas y evita que la el desprendimiento comience en los bordes de corte de la fibra 165. Por lo tanto, un moldeo producido a partir del producto laminado LB16 de la invención mostrado en la Fig. 16A tiene una resistencia ampliamente incrementada en Comparación con el producto laminado LB15 mostrado en la Fig. 15A.

[0159] Esta inclinación de los bordes de corte de las fibras 165 desde la dirección del grosor de la capa resulta de una pequeña variación en la rotación 162 de las fibras F16 desde la cara superior a la cara inferior que es causada por la fricción en las caras superior e inferior a medida que las mencionadas fibras rotan. Se cree que esto causa una variación en la densidad de las fibras F16 en la dirección del grosor de la capa para inclinar los bordes de corte de las fibras 165 desde la dirección del grosor de la capa. Esta clara ventaja de la gran mejora de la resistencia causada por los bordes de corte de la fibra inclinados desde la dirección del grosor de la capa en la capa del plástico reforzado con fibra FP16 se obtiene sólo cuando el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b entre las incisiones C16 y las fibras F16 es de 25° o menos.

[0160] A continuación, la Fig. 17A se utiliza para ilustrar un producto laminado LB17 que se produce a partir del material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico y de longitud constante (modo de realización [2]) de la invención. La Fig. 17A muestra una vista en perspectiva oblicua del producto laminado LB17. Las fibras F17 del material de base preimpregnado P17 están orientadas en la dirección horizontal en la Fig. 17A. El material de base preimpregnado P17 tiene muchos segmentos de hendidura de longitud constante C17 que están alineados a intervalos en la dirección de orientación de las fibras y oblicuos a la dirección de orientación de las fibras. El valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de los segmentos de hendidura C17 está en el rango de 2° a 25° .

[0161] Como se observa en la Fig. 17A, los segmentos de hendidura discontinuos C17 que tienen un valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b de 25° o menos con respecto a las fibras F17 se proporcionan en toda la cara del material de base preimpregnado P17, y los segmentos de hendidura C17 penetran en la capa en su dirección de grosor. La longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) W_s puede reducirse a 1,5 mm o menos reduciendo la longitud real de las hendiduras y el ángulo oblicuo θ_b de las incisiones. Si existen tales segmentos de hendidura C17 y la longitud del segmento de fibra L es de 100 mm o menos en toda la cara del material de base preimpregnado P17, se mantiene una fluidez requerida de las fibras y se puede producir fácilmente un plástico reforzado con fibra que tiene una superficie extendida, mayor que la del producto laminado LB17, mediante moldeo por compresión, etc.

[0162] La Fig. 17B muestra una vista en perspectiva oblicua del plástico reforzado con fibra FP17 que tiene un área de superficie extendida.

[0163] Como se ve en la Fig. 17B, cuando se moldea el plástico reforzado con fibra FP17 que tiene el área extendida, la capa (capa de fibras cortas) 171 que comprende muchos segmentos de fibras que se originan en el material de base preimpregnado P17 se extiende en la dirección vertical a las fibras pero no se alarga en la dirección de las fibras, lo que da como resultado la formación de zonas libres de fibra (aberturas incisas) 172. Sin embargo, los haces de fibra corta adyacentes fluyen en la dirección vertical a las fibras para llenar la abertura incisa 172, lo que conduce a una disminución del área de la abertura incisa 172.

[0164] Esta tendencia aumenta particularmente cuando la longitud del segmento inciso (longitud proyectada) W_s es de 1,5 mm o menos. Sustancialmente, las aberturas incisas 172 no se formarán, y si algunas incisiones parecen tener aberturas, representarán sólo del 0,1 al 10% del área de la superficie. Por lo tanto, no habrá porciones en las que pueda entrar la capa adyacente, lo que hace posible producir un plástico reforzado con fibra FP17 de alta resistencia y alta calidad que está libre de ondulaciones de capa o de porciones ricas en resina.

[0165] En el moldeado resultante, las fibras F17 existen en toda la cara de la capa de fibras y no hay variaciones de rigidez en su plano, lo que permite diseñar el producto fácilmente como en el caso del plástico reforzado con fibra continuo convencional. Esta ventaja distintiva del flujo de fibras en la dirección vertical para que las fibras llenen las aberturas incisas y permitan la producción de plástico reforzado con fibra libre de ondulaciones de capa puede obtenerse sólo cuando el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b entre las incisiones y las fibras de refuerzo es de 25° o menos y además la longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) W_s es de 1,5 mm o menos. La longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) W_s debería ser más preferiblemente de 1 mm o menos para proporcionar un moldeado de mayor resistencia y calidad.

[0166] Es aún más preferible que el área de las aberturas incisas en la capa más externa del plástico reforzado con fibra sea sustancialmente cero. La expresión "el área de las aberturas incisas es sustancialmente cero" significa que la eliminación de las aberturas es deseable pero no se producirán problemas significativos si el área de las aberturas incisas en la capa más externa representa el 1% o menos del área de superficie del plástico reforzado con fibra.

[0167] Si el valor absoluto del ángulo oblicuo θ_b con respecto a la dirección de la fibra supera los 25° , se forman en la capa más externa porciones ricas en resina y zonas sin fibras, es decir, zonas en las que quedan expuestas las fibras de refuerzo de la capa adyacente, y por lo tanto, dicho moldeado no puede utilizarse eficazmente como elementos externos. Por otro lado, el plástico reforzado con fibra de la invención puede utilizarse como elementos externos porque tales porciones ricas en resina o zonas sin fibras no se formarán fácilmente.

[0168] Se describen arriba los métodos para formar incisiones en un material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) para producir el material de base preimpregnado de la invención. Se describen más específicamente a continuación haciendo referencia a los dibujos.

[0169] La Fig. 18 muestra una vista en perspectiva oblicua de un aparato de incisión típico que comprende un rodillo de cuchilla giratorio que se utiliza preferentemente para la incisión del material de base preimpregnado de la invención. En la Fig. 18, un aparato de incisión CA18 incluye un rodillo de cuchilla giratorio 181. El rodillo de cuchilla giratorio 181 tiene una forma cilíndrica, y una cuchilla helicoidal 182 está provista en su superficie externa. El rodillo de cuchilla giratorio 181 está fijado en un eje de transmisión rotativo (no mostrado) soportado rotativamente en una base del equipo (no mostrada) y gira en la dirección indicada con la flecha 183. Debajo del rodillo de cuchilla giratorio 181 hay un medio de transporte del material de base preimpregnado (no mostrado) para soportar el material de base preimpregnado y transportarlo en la dirección indicada con la flecha 184. El material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) RP18 que va a ser incinado es suministrado bajo el rodillo de cuchilla giratorio 181 por los medios de transporte del material de base preimpregnado y las incisiones C18 se forman en el material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) RP18 por la cuchilla helicoidal 182 existente en el rodillo de cuchilla giratorio 181 que está girando. De este modo se produce un material de base preimpregnado de la invención P18.

[0170] La cuchilla helicoidal 182 puede ser una cuchilla continua o una cuchilla discontinua. Una cuchilla continua se utiliza para producir un material de base preimpregnado de incisión continua como se muestra en la Fig. 11. Una cuchilla discontinua se utiliza para producir un material de base preimpregnado de incisión discontinua como se muestra en la Fig. 12.

[0171] A continuación se describen otros dos aparatos de incisión haciendo referencia a la Fig. 19A y a la Fig. 19B. Estos están diseñados para preparar un material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) que comprende fibras orientadas oblicuamente y luego hacer incisiones en la dirección de la longitud o en la dirección de la anchura del material de base preimpregnado elemental.

[0172] La Fig. 19A muestra una vista en planta esquemática de un aparato de incisión CA19A. En la Fig. 19A, el aparato de incisión CA19A comprende un cabezal móvil 194A que se mueve en la dirección inclinada de 2 a 25° desde la dirección de longitud 192a de un material de base preimpregnado elemental RP19A que se va a producir, una cuchilla de corte forzado 195A fijada en un borde en la dirección de longitud 192a del aparato, y una cuchilla giratoria de procesamiento de bordes 196 para recortar un borde del material de base preimpregnado elemental RP19A proporcionada en un borde en la dirección de anchura 193a del aparato.

[0173] El cabezal móvil 194A coloca un material de base preimpregnado elemental que tiene una determinada longitud o es continuo o un haz de fibras de refuerzo impregnadas con resina matriz, en una mesa de soporte de material de

base preimpregnado (no mostrada) del aparato CA19A. De este modo se prepara el material de base preimpregnado elemental RP19A. En el material de base preimpregnado elemental RP19A, la dirección de orientación de las fibras de refuerzo F19A está inclinada de 2 a 25° desde la dirección de longitud 192a del material de base preimpregnado elemental RP19A.

[0174] Posteriormente, se forman incisiones con la cuchilla de corte forzado 195A en el material de base elemental de preimpregnado RP19A preparado anteriormente. El material de base preimpregnado elemental RP19A se mueve en la dirección indicada por la flecha 197A, y entonces se forma un gran número de incisiones en el material de base preimpregnado elemental RP19A a intervalos en su dirección de longitud 192a. Esto produce un material de base preimpregnado de la invención. El borde lateral del material de base preimpregnado elemental RP19A se recorta, según sea necesario, mediante la cuchilla giratoria de procesamiento de bordes 196. En lugar de la cuchilla de corte forzado 195A puede utilizarse un rodillo giratorio que tenga una cuchilla de corte.

[0175] La Fig. 19B muestra una vista en planta esquemática de un aparato de incisión CA19B. En la Fig. 19B, el aparato de incisión CA19B comprende un cabezal móvil 194B que se mueve en la dirección inclinada de 2 a 25° desde la dirección de anchura 192b de un material de base preimpregnado elemental RP19B a producir, y una cuchilla giratoria 195B proporcionada en un borde en la dirección de anchura 193b del aparato CA19B.

[0176] El cabezal móvil 194B coloca un material de base elemental preimpregnado que tiene una determinada longitud o es continuo o un haz de fibras de refuerzo impregnadas con resina matriz en una mesa de soporte de material de base (no mostrada) del aparato CA19B. De este modo se prepara el material de base preimpregnado elemental RP19B. En el material de base preimpregnado elemental RP19B, la dirección de orientación de las fibras de refuerzo F19B está inclinada de 2 a 25° desde la dirección de anchura 193b del material de base preimpregnado elemental RP19B.

[0177] A continuación, la cuchilla giratoria 195B, que se mueve en la dirección de anchura 193b del material de base preimpregnado elemental RP19B, forma incisiones en el material de base preimpregnado elemental RP19B preparado anteriormente. El material de base elemental de preimpregnado RP19B se mueve en la dirección indicada por la flecha 197B, y entonces se forma un gran número de incisiones en el material de base elemental de preimpregnado RP19B a intervalos en su dirección de longitud 192b. Esto produce un material de base preimpregnado de la invención.

[0178] Para el material de base preimpregnado de la invención producido, las incisiones pueden rellenarse o fusionarse con una resina realizando una unión por termocompresión con un rodillo, etc. para mejorar la manejabilidad del material de base preimpregnado.

[0179] Para un material de base laminado de la invención, se prefiere que dos de los materiales de base preimpregnados de la invención estén laminados, con las incisiones en la capa inferior cruzando cualquier incisión en la capa superior en un ángulo (valor absoluto) de 4 a 90°.

[0180] La Fig. 20 muestra una vista en planta de un material de base laminado. En la Fig. 20, se forma un material de base laminado LB20 con dos materiales de base preimpregnados P20a y P20b laminados entre sí. Las incisiones C20b (mostradas por líneas punteadas) en la capa inferior cruzan cualquier incisión C20a (mostrada por líneas sólidas) en la capa superior en un ángulo (valor absoluto) de 4 a 90°.

[0181] En el material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico de la invención, se requiere que el valor absoluto del ángulo oblicuo Ob entre las fibras y las incisiones sea de 25° o menos y que la longitud del segmento de fibra L sea de 100 mm o menos, por lo que el número de incisiones por unidad de superficie se hace grande geoméricamente. Por lo tanto, las fibras son discontinuas en muchos puntos del material de base preimpregnado, lo que conduce a una mala manejabilidad.

[0182] En particular, se produce un fuerte deterioro de la manejabilidad cuando las incisiones son continuas. Por lo tanto, si se laminan primero dos materiales de base preimpregnados en los que las incisiones se encuentran en diferentes ángulos oblicuos, el material de base preimpregnado laminado resultante tiene una manejabilidad altamente mejorada. Un laminado de tres o más capas también puede ser útil, pero será muy grueso y las propiedades de caída se deteriorarán. Por lo tanto, es preferible que se utilice un material de base laminado de dos capas como unidad.

[0183] Para una combinación de las capas superior e inferior en un material de base preimpregnado que comprende dos capas integradas, no hay limitaciones específicas en las combinaciones de las direcciones de disposición de las fibras en el material de base preimpregnado, si un ángulo de cruce (valor absoluto) entre las incisiones en las capas superior e inferior está en el rango de 4 a 90°. Así, la combinación de direcciones de disposición de las fibras puede ser, por ejemplo, 45° y -45°, 0° y 90°, o 0° y 0°.

[0184] El material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico definido como un modo de realización del material de base preimpregnado de la invención puede tener la forma de un material de base

preimpregnado de dos caras como se describe anteriormente en la Fig. 5. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico en dos caras.

[0185] La Fig. 21 muestra una sección longitudinal de un material de base preimpregnado típico de incisión oblicua de ángulo específico en dos caras. En la Fig. 21, las fibras de un material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico en dos caras P21 están orientadas en la dirección horizontal. El material de base preimpregnado P21 tiene incisiones C21U cortadas desde la cara superior e incisiones C21L cortadas desde la cara inferior, y ambas incisiones C21L y C21L no penetran en el grosor (dirección vertical en la Fig. 21) del material de base preimpregnado P21. La profundidad de corte Hs de cada una de las incisiones C21U y C21L está en el rango de 0,4 a 0,6 veces el grosor H (longitud numerada 211 en la Fig. 21) y, cuando se proyectan en la dirección longitudinal de las fibras, las incisiones de la cara superior y las de la cara inferior tienen un solapamiento CO21. La longitud de este solapamiento CO21 en la dirección del grosor del material de base preimpregnado está en el rango de 0,01H a 0,1 H.

[0186] Si además, el ángulo oblicuo Ob de una incisión C21U de la cara superior se denota como ángulo oblicuo Oc y el ángulo oblicuo Ob de una incisión C21L de la cara inferior que cruza la incisión C21U se denota como ángulo oblicuo Od, entonces se prefiere que el valor de Od sea igual al valor de -Oc. La resistencia de un moldeado tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad Hs de las incisiones, pero existe un límite en el grosor que permite la producción de bajo coste del material de base preimpregnado.

[0187] En Comparación con esto, se ha descubierto que la resistencia de un moldeado puede mejorarse en gran medida manteniendo la fluidez requerida de las fibras si en el paso de incisión se forman incisiones desde las caras superior e inferior a una profundidad de aproximadamente la mitad del grosor del material de base preimpregnado.

[0188] En su lugar, pueden prepararse primero capas finas de material de base preimpregnado y, a continuación, adherirlas. Sin embargo, teniendo en cuenta el coste adicional de la etapa de adhesión, es preferible hacer incisiones por ambas caras.

[0189] Se prefiere que el valor de Od sea igual al valor de -Oc como se ha descrito anteriormente, la ventaja de mejorar en gran medida la resistencia manteniendo una fluidez requerida se puede obtener si el valor de Od satisface la relación $Od = de (-Oc - 5^\circ)$ a $(-Oc + 5^\circ)$.

[0190] La Fig. 21 muestra un caso en el que la profundidad U de las incisiones realizadas desde la cara superior y la profundidad D de las incisiones realizadas desde la cara inferior tienen la misma profundidad de corte Hs, pero las profundidades de estas incisiones pueden diferir con la condición de que sus profundidades estén en el rango de 0,4H a 0,6H.

[0191] Se prefiere que el ángulo oblicuo Oc entre las incisiones de la cara superior y la dirección de la fibra, y el ángulo oblicuo Od entre las incisiones de la cara inferior y la dirección de la fibra cumplan la siguiente ecuación: $Oc = -Od$. El grado de mejora de la resistencia de un moldeado depende del ángulo oblicuo de las incisiones y, por lo tanto, se puede producir un material de base preimpregnado que tenga un rendimiento estable ajustando el ángulo oblicuo Oc y el ángulo oblicuo Od de manera que tengan el mismo valor absoluto. Además, dado que la dirección de rotación de las fibras durante un proceso de moldeo depende de si el ángulo oblicuo de las incisiones es positivo o negativo, las fibras pueden ajustarse de manera que tengan las direcciones de rotación opuestas para permitir que la dirección de las fibras en un paso de preparación del laminado sea igual al promedio de las orientaciones de las fibras antes mencionadas, lo que conduce a un material de base preimpregnado altamente robusto.

[0192] Óptimamente, cuando la profundidad de corte Hs es igual a 0,5H, el tamaño de los defectos se hace uniforme, es decir, el tamaño de los defectos se vuelve el más bajo, minimizando la carga de iniciación de la destrucción. Sin embargo, la fluidez disminuirá extremadamente si quedan fibras que no son cortadas ni por las incisiones de la cara superior ni por las de la cara inferior, y por lo tanto, se prefiere que se realicen incisiones con una profundidad de aproximadamente $0,5H + 0,05H$ desde las caras superior e inferior. Esto elimina los defectos de calidad que causan el deterioro de la fluidez de las fibras, y sirve para mantener la estabilidad de la producción.

[0193] Como método para realizar incisiones desde ambas caras, por ejemplo, existe un método que comprende la preparación de un material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) que comprende fibras de refuerzo orientadas en una dirección, después de presionar una herramienta de corte forzado contra la cara superior o la cara inferior para realizar incisiones que no penetren en la capa en la dirección del grosor y, a continuación, presionar contra la otra cara de la misma manera. Como método para lograr una alta estabilidad de producción, en particular, un rodillo de cuchilla giratorio que tiene una cuchilla helicoidal provista en la superficie del rodillo se presiona contra una cara para hacer incisiones que no penetran la capa en la dirección del grosor, seguido de presionar el rodillo con cuchilla helicoidal contra la otra cara.

[0194] El material de base preimpregnado de incisión oblicua de ángulo específico definido como un modo de realización del material de base preimpregnado de la invención puede tener la forma de un material de base preimpregnado con incisiones inclinadas en la dirección del grosor del material de base preimpregnado, como se describe anteriormente en la Fig. 6. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina en lo sucesivo material de base preimpregnado de incisión inclinada oblicua de ángulo específico.

[0195] La Fig. 22 muestra una sección longitudinal de un material de base preimpregnado de incisión inclinada oblicua de ángulo específico. En la Fig. 22, las fibras del material de base preimpregnado de incisión inclinada oblicua de ángulo específico P22 están orientadas en la dirección horizontal. El material de base preimpregnado P22 tiene incisiones C22 inclinadas en la dirección del grosor del material de base preimpregnado P22 alineadas a intervalos en la dirección de orientación de las fibras.

[0196] Para cualquier incisión C22, la distancia de cizallamiento S se define como la distancia 223 medida en la dirección de orientación de las fibras entre la línea de corte en las fibras de refuerzo en la cara superior y la de la cara inferior del material de base preimpregnado P22. Entonces, el ángulo Θ_a expresado por la siguiente ecuación (Fórmula I) en términos de S y el grosor H del material de base preimpregnado P22 (longitud numerada 221 en la Fig. 22) está preferiblemente en el rango de 1 a 25°.

$$\Theta_a = \tan^{-1} \left(\frac{H}{S} \right) \quad \text{Formula I}$$

[0197] Como se ha descrito anteriormente, cuando se produce un plástico reforzado con fibra moldeando un producto laminado de materiales de base preimpregnados en el que el valor absoluto del ángulo oblicuo Θ_b en el plano entre las incisiones y la dirección de la fibra es de 25° o menos, el borde de corte de la fibra en el plástico reforzado con fibra es oblicuo a la dirección de grosor de la capa, lo que sirve para proporcionar un moldeado que tiene una resistencia ampliamente mejorada. Se ha descubierto que el efecto antes mencionado puede mejorarse aún más y un plástico reforzado con fibra que tiene una resistencia mejorada resultante de un ángulo más pequeño del borde de corte de la fibra puede producirse utilizando un material de base preimpregnado que tiene incisiones inclinadas en la dirección del grosor del material de base preimpregnado. En particular, se puede obtener un moldeado que tenga características mecánicas ampliamente mejoradas cuando el ángulo de inclinación Θ_a de las incisiones es de 25° o menos. Por otro lado, es muy difícil hacer incisiones inclinadas que tengan un ángulo de inclinación Θ_a de menos de 1°.

[0198] Como medio para proporcionar un material de base preimpregnado con incisiones inclinadas en la dirección del grosor en el material de base preimpregnado, existe un método para formar incisiones directamente inclinadas. Otro medio, por ejemplo, consiste en preparar un material de base preimpregnado elemental (material de base preimpregnado preliminar) que comprende fibras de refuerzo orientadas en una dirección, hacer incisiones que penetren en la capa en la dirección del grosor, calentar para ablandar el material de base preimpregnado preliminar y, mientras se mantiene el estado, presionar rodillos de corte con diferentes velocidades de rotación contra las caras superior e inferior para provocar una fuerza de cizallamiento que incline las secciones en las fibras de refuerzo en la dirección del grosor.

[0199] Para este último caso, la Fig. 22 muestra una sección transversal vertical en un material de base preimpregnado para ilustrar una cara lateral de las fibras de refuerzo. Las líneas de corte de las fibras 222 de las incisiones tienen una forma de zigzag en lugar de una línea recta. Sin embargo, también en este caso, la distancia 223, medida en la dirección de orientación de las fibras, entre la posición de una incisión en la cara superior y la posición de la incisión en la cara inferior se denomina distancia S por comodidad. Para calcular el ángulo de inclinación Θ_a de las incisiones, la media de la distancia de cizallamiento 223 de las incisiones C22 en toda la cara del material de base preimpregnado se utiliza como la distancia de cizallamiento S en la Fórmula I.

[0200] Para un material de base preimpregnado de la invención, el material de base preimpregnado, se prefiere que al menos una de las superficies esté provista de una lámina de película a base de resina o una lámina de tela no tejida como capa de resina adicional, en la que el alargamiento a la tracción de la resina es mayor que el alargamiento a la tracción de una resina matriz del material de base preimpregnado, mientras que el grosor de la capa de resina adicional es mayor que un diámetro de cada una de las fibras individuales que forman las fibras de refuerzo en el material de base preimpregnado y menor que 0,5 veces el grosor del material de base preimpregnado. Este modo de realización del material de base preimpregnado de la invención se denomina material de base preimpregnado con capa de resina añadida.

[0201] Si el desprendimiento entre capas es causado por grietas en una capa de un plástico reforzado con fibra producido por el moldeo de un material de base laminado de la invención, es probable que finalmente resulte en la destrucción del moldeo. Para evitarlo, se prefiere que se proporcione entre las capas una capa de resina adicional de una resina que tenga un grado de alargamiento mayor que el de la resina matriz. Si existe tal capa de resina adicional, sirve muy eficazmente para evitar el desprendimiento entre capas, lo que conduce a una mayor resistencia del moldeo.

[0202] La Fig. 23 muestra una sección longitudinal de un material de base preimpregnado con una capa de resina añadida. Para producir un material de base preimpregnado con una capa de resina añadida P23A mostrado en la Fig. 23, se prepara primero un material de base preimpregnado P23 de la invención libre de capas de resina adicionales, y se adhiere una capa de resina adicional 233 para cubrir una porción que se extiende horizontalmente centrándose en la posición 232 donde se encuentra una incisión C23. La capa de resina adicional 233 se proporciona en al menos una de las caras del material de base preimpregnado P23. En la Fig. 23, la capa de resina adicional 233 se proporciona en las caras superior e inferior del material de base preimpregnado P23. Las fibras de refuerzo F23 en el material de base preimpregnado P23 están orientadas en la dirección horizontal en la Fig. 23.

[0203] La capa de resina adicional 233 tiene la forma de una película o tela no tejida hecha de resina. El alargamiento a la tracción de la resina de la capa de resina adicional 233 es mayor que el de la resina matriz del material de base preimpregnado P23. El grosor 233t de la capa de resina adicional 233 es mayor que el diámetro de cada fibra (fibra individual) de las fibras de refuerzo F23 en el material de base preimpregnado P23 y 0,5 o menos veces el grosor H del material de base preimpregnado P23 (la longitud numerada 231 en la Fig. 23).

[0204] Para el material de base preimpregnado P23A con capa de resina añadida, se prefiere que la longitud 234L de la capa de resina adicional 233 que se extiende hacia la derecha o hacia la izquierda desde la posición 232 donde se encuentra la incisión C23 esté en el rango de 1 a 100 veces el grosor H del material de base preimpregnado P23 cuando se mide en la dirección de orientación de las fibras F23 en el material de base preimpregnado P23. La capa de resina adicional 233 es preferiblemente de forma laminar y se proporciona sobre la superficie del material de base preimpregnado P23 sin entrar en la capa formada por las fibras de refuerzo F23.

[0205] La expresión "la capa de resina adicional está en forma laminar sin entrar en la capa formada por las fibras de refuerzo" significa que la resina adicional no está en un estado que tenga un efecto de anclaje en la capa formada por las fibras de refuerzo. Sin embargo, una pequeña parte de la resina adicional (por ejemplo, 20 vol% o menos de la cantidad total de la resina adicional) puede haber entrado en la capa formada por las fibras de refuerzo como resultado de la fusión, etc. Por lo tanto, la resina adicional puede existir alrededor de una parte de las fibras de refuerzo en lugar de la resina matriz si sólo representa el 20 vol% o menos de la cantidad total de la resina adicional.

[0206] Como se ha descrito anteriormente, el alargamiento a la tracción de la resina adicional es mayor que el alargamiento a la tracción de la resina matriz, y esto sirve para evitar el desprendimiento entre capas. Sin embargo, a medida que la cantidad de resina adicional aumenta excesivamente, el contenido de volumen de fibra Vf del plástico reforzado con fibra disminuye para reducir el módulo elástico. Por lo tanto, se prefiere que la cantidad de resina adicional adherida al material de base preimpregnado P23 sea inferior al 10% de la cantidad de resina matriz en el material de base preimpregnado P23.

[0207] Se consigue una gran eficacia en la mejora de la resistencia de un moldeo disponiendo la resina adicional exclusivamente en los bordes de corte de las fibras, donde es probable que se produzca una concentración de tensiones. En cuanto a la forma de disponer la resina adicional, se prefiere que la resina esté en forma de una capa colocada sobre una superficie del material de base preimpregnado P23 sin entrar en una capa formada por las fibras de refuerzo. El término "la capa formada de las fibras de refuerzo" significa lo mismo que el material de base preimpregnado P23.

[0208] Si la resina adicional se adhiere con demasiado grosor para amontonarse sobre una superficie del material de base preimpregnado P23, el producto laminado resultante se volverá voluminoso, lo que no es deseable. Como capa de resina adicional 233 puede utilizarse una lámina de película o una lámina de tela no tejida hecha con la resina adicional.

[0209] No hay límites específicos para el alargamiento a la tracción de la resina adicional si es mayor que el alargamiento a la tracción de la resina matriz, pero preferiblemente debería ser de 2 a 10 veces el alargamiento a la tracción de la resina matriz. El valor del alargamiento a la tracción de la resina adicional está preferentemente en el rango de 2 a 50%. Es más preferible en el rango de 8 a 20%. Mantener el alargamiento de tracción de la resina matriz mayor que el alargamiento de tracción de la resina adicional hace que se evita el desprendimiento de las capas intermedias y asegura una producción de moldeo que tiene una resistencia mejorada.

[0210] Se prefiere que la resistencia a la tracción de la resina adicional sea mayor que la resistencia a la tracción de la resina matriz. Esto se debe a que, las grietas, es decir, las fracturas de la resina, serán menos probables cuando la resistencia a la tracción de la resina adicional es mayor que la de la resina matriz. La resistencia a la tracción de la resina adicional debería ser más preferiblemente 1,5 o más veces la resistencia a la tracción de la resina matriz. También es preferible que la resistencia a la fractura de la resina adicional sea mayor que la de la resina matriz.

[0211] El alargamiento a la tracción y la resistencia a la tracción de la resina se miden de acuerdo con las disposiciones especificadas en JISK-7113 (1995) o ASTM-D638 (1997). La resistencia a la fractura de la resina, por ejemplo, se mide de acuerdo con las disposiciones especificadas en ASTM-E399 (1983) (especificaciones para el ensayo de compactación). Las mediciones de la resistencia a la fractura de la resina pueden variar en gran medida dependiendo del método de medición utilizado y, por lo tanto, el valor de la resistencia a la fractura debe ser lo más grande posible en Comparación con el de la resina matriz medido con el mismo método de ensayo. Por ejemplo, la resistencia a la fractura de la resina adicional puede ser de 500 J/m² cuando la resistencia a la fractura de la resina matriz es de 100 J/m². La resistencia a la fractura de la resina adicional debería ser más preferiblemente 3 o más veces la resistencia a la fractura de la resina matriz.

[0212] Cualquiera de las resinas enumeradas anteriormente como material para la resina matriz puede utilizarse como resina adicional si su alargamiento a la tracción es mayor que el de la resina matriz, pero las resinas termoplásticas son particularmente preferibles. Se sabe que las resinas termoplásticas tienen generalmente un alargamiento a la tracción así como una resistencia a la fractura más alta que las resinas termoestables, y son más útiles para producir un moldeado que tenga una resistencia mejorada. Entre las más preferibles se encuentran la poliamida, el poliéster, la poliolefina y la polifenileno sulfona en términos de equilibrio entre las características de la resina y el coste requerido y la libertad de diseño que implica la viscosidad de la resina.

[0213] Se prefiere que la resina adicional tenga la mayor compatibilidad posible con la resina matriz y tenga un punto de fusión casi igual o inferior a la temperatura de moldeo. Entre otras, las resinas a base de poliamida procesadas por copolimerización para reducir el punto de fusión a unos 100 a 200° son particularmente preferibles porque son altamente compatibles con las resinas termoendurecibles y también altas en el alargamiento a la tracción, resistencia a la tracción y resistencia a la fractura. El plástico reforzado con fibra más ligero, de alta resistencia y alta rigidez puede producirse cuando se utilizan fibras de carbono, una resina epoxi y una resina de poliamida como fibras de refuerzo, una resina matriz y una resina adicional, respectivamente.

[0214] La invención se describe con más detalle a continuación haciendo referencia a ejemplos, aunque dichos ejemplos no pretenden poner ninguna limitación a la invención. De los ejemplos mencionados a continuación, sólo los ejemplos 81 a 84 son de acuerdo con la invención. Todos los demás ejemplos no son de acuerdo con la invención.

<Proceso de moldeo de placas planas>

[0215] Se colocó un material de base preimpregnado elemental predeterminado que comprende fibras de refuerzo y una resina matriz en un molde que tiene una superficie de 300 x 300 mm, seguido de un proceso de moldeo en una máquina de calentamiento-prensado a una presión de 6 MPa y una temperatura de 150°C durante un tiempo predeterminado, para producir un moldeado de placa plana que tiene un tamaño de 300 x 300 mm.

<Método de evaluación de las características mecánicas>

[0216] Del moldeado de placa plana producido se cortó una pieza para el ensayo de resistencia a la tracción con una longitud de 250 ±1 mm y una anchura de 25 ±0,2 mm. La resistencia a la tracción de la pieza de ensayo se midió según el método de ensayo especificado en JIS-K-7073 (1998) con una longitud calibrada de 150 mm y una velocidad de desplazamiento de la cruceta de 2,0 mm/min. Para este ensayo se utilizó la máquina de ensayo universal Instron (marca registrada) modelo 4208. El número, n, de las piezas de ensayo utilizadas para la medición fue de 5, y la media de las mediciones realizadas se utilizó como valor de la resistencia a la tracción. Además, se calculó la desviación estándar de las mediciones, y el coeficiente de variación (valor CV (%)), que sirve como indicador de la dispersión, se determinó dividiendo la desviación estándar por el valor de la resistencia a la tracción obtenido anteriormente.

< Evaluación de la moldeabilidad >

[0217] La deformación de la placa plana, así como la fluidez basada en la extensión del material de base elemental del preimpregnado durante el moldeo, se evaluó a partir de las propiedades del moldeado de placa plana obtenido.

[0218] En la evaluación de la fluidez del material de base, la fluidez se evaluó como "alta" (mostrada por el símbolo "o" en las Tablas) si la cavidad del molde se llenaba con el plástico reforzado con fibra producido y el material de base de la capa más externa se había extendido hasta las proximidades del borde del molde. La fluidez se evaluó como "moderada" (indicada con el símbolo "Δ" en las tablas) si la cavidad del molde se llenaba con el plástico reforzado con fibra producido, pero el material de base de la capa más externa se había extendido poco. La fluidez se evaluó como

"baja" (mostrada por el símbolo "X" en las Tablas) si la cavidad del molde no estaba completamente llena con el plástico reforzado con fibra producido.

[0219] En cuanto a la evaluación de la deformación de la placa plana, la placa plana se coloca simplemente en una superficie plana de una mesa de ensayos y la placa se evalúa como "libre" de deformación (mostrado por el símbolo "O" en las Tablas) si toda su superficie entra en contacto con la superficie de la mesa de pruebas. La placa se evalúa como con "ligera" deformación (mostrado por el símbolo "Δ" en las Tablas) si la placa plana no entra totalmente en contacto con la superficie plana de la mesa de ensayo cuando se coloca simplemente en la mesa de ensayo, pero entra totalmente en contacto con la superficie plana de la mesa de ensayo cuando se presiona con un dedo desde la cara superior de la placa plana. Se considera que la placa tiene una deformación "significativa" (indicado con el símbolo "X" en las tablas) si la placa plana no entra completamente en contacto con la superficie de la mesa de ensayo incluso cuando se presiona con un dedo desde la cara superior de la placa plana. Los resultados de las evaluaciones se muestran en las Tablas 1 a 23 utilizando los símbolos mencionados.

<Comparación en cuanto a la forma del material de base preimpregnado -- véase la Tabla 1 >

Ejemplo 1

[0220] Una mezcla de resina epoxi (30 partes en peso de Epikote (marca registrada) 828 producida por Japan Epoxy Resins Co, 35 partes en peso de Epikote (marca registrada) 1001, y 35 partes en peso de Epikote (marca registrada) 154) se amasó en caliente con 5 partes en peso de polivinilformal (Vinylec (marca registrada) K producida por Chisso Corporation), una resina termoplástica, en una amasadora para asegurar la disolución uniforme del polivinilformal, seguida de un amasado de 3,5 partes en peso de dicianidamida (DICY7 producida por Japan Epoxy Resins Co, Ltd.) y 4 partes en peso de 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea (DCMU99 producido por Hodogaya Chemical Co., Ltd.), como agente de curado y acelerador de curado, respectivamente, en una amasadora para preparar una composición de resina epoxi no curada. Esta composición de resina epoxi se aplicó sobre una hoja de papel antiadherente recubierto de silicona con un grosor de 100 μm utilizando una recubridora de rodillo inverso para producir una película de resina.

[0221] A continuación, la película de resina se adhirió a ambos lados de una lámina formada por un gran número de fibras de carbono orientadas en una dirección (resistencia a la tracción de 4.900 MPa, módulo de tracción de 235 GPa), seguida de calor y prensado para impregnar la lámina del gran número de fibras de carbono con la resina para producir un material de base preimpregnado elemental que tiene una fibra de carbono por unidad de superficie de 125 g/m², una fracción de volumen de fibra Vf del 55% y un grosor de 0,125 mm.

[0222] La Fig. 10 muestra una vista en planta de un material de base preimpregnado producido por incisión de este material de base preimpregnado elemental con un método descrito a continuación. En la Fig. 10, el gran número de fibras de carbono F10 en el material de base preimpregnado P10 está orientado en la dirección vertical VD. El gran número de incisiones C10 tiene una longitud constante y está alineado a intervalos en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras para formar filas de incisiones C10Ra, C10Rb, C10Rc y C10Rd.

[0223] En cada fila de incisión, las incisiones están alineadas a intervalos regulares. Las filas de incisiones están alineadas a intervalos regulares en la dirección de orientación de las fibras. Las posiciones de las incisiones en las incisiones adyacentes están desplazadas en la dirección horizontal HD. En la dirección vertical VD, los bordes de corte de las filas de incisiones adyacentes están desplazados por un solapamiento de CO10. Cada incisión está en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras, es decir, está en la dirección horizontal HD. Estas incisiones se realizaron en el material de base preimpregnado elemental utilizando una máquina de corte automática disponible en el mercado.

[0224] En el material de base preimpregnado P10, la longitud real W de la incisión C10 medida a lo largo de la dirección de la incisión es de 5,1 mm. La incisión C10 está en la dirección horizontal HD como se ha descrito anteriormente, y por lo tanto, la longitud de la hendidura (longitud proyectada) Ws coincide con la longitud real W de 5,1 mm medida a lo largo de la dirección de la incisión. La longitud del segmento de fibra L (la longitud numerada 101 en la Fig. 10) es de 30 mm. La longitud CO10 del solapamiento de la incisión es de 1 mm.

[0225] Dado que la resina epoxi utilizada tenía una viscosidad de 2×10^4 Pa·s a 25°C, el material de base preimpregnado P10 tenía pegajosidad.

[0226] Del material de base preimpregnado P10 se recortaron ocho piezas de prueba (material de base preimpregnado 0°) con un área de 250 x 250 mm en las que las fibras de carbono están orientadas en la dirección 0°, es decir, en la dirección vertical VD, y otras ocho piezas de prueba (material de base preimpregnado 45°) con un área de 250 x 250 mm en la que las fibras de carbono están orientadas en la dirección inclinada por 45° a la derecha con respecto a la dirección vertical VD.

[0227] Un material de base laminado de [-45/ 0/ +45/ 90]2S que comprende las 16 piezas de prueba de material de base preimpregnado recortadas anteriormente se produjo combinando las piezas de prueba de material de base preimpregnado recortadas anteriormente de manera que las líneas de incisiones en una capa se desplazan 0,5 veces la longitud del segmento de fibra L, o 15 mm, con respecto a las de la capa adyacente que tiene la misma dirección de orientación de la fibra de carbono que la primera para garantizar la pseudo-isotropía.

[0228] A continuación, el material de base laminado resultante se colocó en una zona aproximadamente central de un molde de placa plana que tenía una cavidad con un área de 300 x 300 mm, y la resina matriz se curó bajo una máquina de calentamiento-prensado durante un tiempo de moldeo de 30 min a una temperatura de 150°C a una presión de 6 MPa para producir una placa plana de plástico reforzado con fibra que tenía un área de 300 x 300 mm. Si la tasa de carga se define como la proporción del área del material de base laminado en relación con el área del molde cuando se ve desde arriba, entonces la tasa de carga aquí es del 70%.

[0229] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 43 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente, y la resistencia a la tracción alcanzaba los 430 MPa. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción era tan extremadamente bajo como el 4%.

< Comparación en términos de fibra de refuerzo y resina matriz -- véase la Tabla 2 >

Ejemplo 2

[0230] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1, excepto que se utilizaron 5 partes en peso de 2,4-tolueno bis (dimetil urea) (Omicure (marca registrada) 24 producido por PTI Japan Co., Ltd.) como acelerador de curado para producir un material de base preimpregnado y un material de base laminado que lo comprendía. El material de base laminado resultante se moldeó de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que la máquina de calentamiento-prensado se hizo funcionar durante un tiempo de prensado de 3 minutos para producir un plástico reforzado con fibra. Aunque el tiempo de prensado fue 1/10 del del Ejemplo 1, se encontró que el plástico reforzado con fibra tenía casi la misma temperatura de transición vítrea y que la composición de resina epoxi utilizada tenía una capacidad de curado rápida.

[0231] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 44 GPa y la resistencia a la tracción alcanzaba los 430 MPa. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción era tan bajo como el 5%. Estos valores no son en absoluto inferiores a los obtenidos en el Ejemplo 1.

Ejemplo 3

[0232] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 2, excepto que se utilizaron 7 partes en peso de 4,4-metileno bis (fenil dimetil urea) (Omicure (marca registrada) 52 producido por PTI Japan Co., Ltd.) como acelerador de curado para producir un plástico reforzado con fibra. Aunque el tiempo de prensado fue 1/10 del del Ejemplo 1, se encontró que el plástico reforzado con fibra tenía casi la misma temperatura de transición vítrea y que la composición de resina epoxi utilizada tenía una capacidad de curado rápida.

[0233] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 44 GPa y la resistencia a la tracción alcanzaba los 430 MPa. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción era tan bajo como el 5%. Estos valores no son en absoluto inferiores a los obtenidos en el Ejemplo 1.

Ejemplo 4

[0234] Se calentaron gránulos de resina de poliamida copolimerizada (Amilan (marca registrada) CM4000 producida por Toray Industries, Inc., un producto de copolímero de poliamida 6/ 66/ 610 que tiene un punto de fusión de 155°C) y se prensaron a 200°C para formar una película que tenía un grosor de 34 µm. Excepto que no se utilizó papel antiadherente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un material de base preimpregnado inciso. La resina de poliamida era sólida en una atmósfera de 25°C, y fue imposible medir su viscosidad. El material de base producido no presentaba ninguna pegajosidad.

[0235] Después de ser cortadas en piezas de ensayo con el mismo tamaño que en el Ejemplo 1, las 16 capas, que estaban libres de pegajosidad, fueron simplemente apiladas de manera pseudo-isotrópica ([-45/ 0/ +45/ 90]2S), y colocadas en una zona aproximadamente central de un molde de placa plana que tenía una cavidad con un área de

300 X 300 mm. El material de base fue prensado bajo una máquina de prensado-calentamiento durante un tiempo de moldeo de 1 minuto a una temperatura de 200°C a una presión de 6 MPa para permitir que el material de base fluyera. Sin abrir el molde, el material de base se enfrió y se retiró para producir un plástico reforzado con fibra en forma de placa plana con una superficie de 300 X 300 mm.

- 5 [0236] Aunque sufrían ligeras ondulaciones, las fibras del plástico reforzado con fibra resultante habían fluido hasta el borde. Existía una distribución ligeramente no uniforme de las fibras, lo que provocaba una ligera deformación, pero en conjunto, el producto tenía una casi buena calidad de aspecto y lisura.

Ejemplo 5

- 10 [0237] Una mezcla de 55 % en peso de resina de PP copolimerizada aleatoriamente (J229E producida por Prime Polymer Co., Ltd., que tiene un punto de fusión de 155°C) y 45 % en peso de resina a base de PP modificada por ácido (Yumex 1010 producida por Sanyo Chemical Industries Ltd., con un valor de acidez de aproximadamente 52, un punto de fusión de 142°C y un peso molecular medio de 30.000) se amasaron por fusión en una extrusora de doble tornillo (TEX-30a2 fabricada por The Japan Steel Works, Ltd.) a 200°C para preparar gránulos, que luego se procesaron bajo una prensa calentada a 200°C para formar una película con un grosor de 34 mm. Posteriormente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 4 para producir un plástico reforzado con fibra.

15 [0238] Aunque sufrían ligeras ondulaciones, las fibras del plástico reforzado con fibra resultante habían fluido hasta el borde. Existía una distribución ligeramente no uniforme de las fibras, lo que provocaba una ligera deformación, pero en conjunto, el producto tenía una casi buena calidad de aspecto y lisura.

Ejemplo 6

- 20 [0239] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para preparar una película de resina. A continuación, la película de resina preparada se aplicó a ambos lados de una lámina de fibras de vidrio orientadas en una dirección (resistencia a la tracción de 1.500 MPa, módulo de tracción de 74 GPa), seguida de calentamiento y prensado para impregnar la lámina de fibra de vidrio con la resina, lo que dio como resultado un material de base elemental de preimpregnado que tenía un peso de fibra de vidrio por unidad de superficie de 175 g/m², una fracción de volumen de fibra Vf del 55% y un grosor de 0,125 mm. Posteriormente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.

- 25 [0240] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 27 GPa y la resistencia a la tracción de 340 MPa. En Comparación con las mediciones del ejemplo 1, el módulo de tracción era casi el esperado teóricamente, aunque inferior por una diferencia que refleja el rendimiento de las fibras de refuerzo utilizadas. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 2%.

< Comparación en términos de tasa de carga -- véase la Tabla 3 >

Ejemplo 7

- 35 Ejemplo 8

Ejemplo 9

- 40 [0241] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1, excepto que el tamaño de un material de base preimpregnado recortado fue diferente al del Ejemplo 1, y se produjo un plástico reforzado con fibra. El tamaño de las piezas de material de base preimpregnado recortadas fue de 212 x 212 mm en el Ejemplo 7, de 268 x 268 mm en el Ejemplo 8 y de 300 x 300 mm en el Ejemplo 9. La tasa de carga prescrita fue del 50% en el Ejemplo 7, del 80% en el Ejemplo 8 y del 100% en el Ejemplo 9.

- 45 [0242] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra, y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el Ejemplo 9, sin embargo, la tasa de carga fue del 100%, lo que indica que no se produjo prácticamente ningún flujo de fibras. En el ejemplo 7, la fibra había fluido a lo largo de una gran distancia, y el plástico reforzado con fibra resultante sufría una distribución ligeramente no uniforme de la fibra, lo que provocaba una ligera deformación. Pero en conjunto, los productos tenían una buena calidad de aspecto y lisura.

- 50 [0243] Todos los plásticos reforzados con fibra producidos en los Ejemplos 8 y 9 estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron tan altos como 43 a 44 GPa y 360 a 510 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como 3 a 6%.

[0244] En el Ejemplo 7, en el que la tasa de carga era baja, en particular, el material de base preimpregnado elemental se volvió delgado a medida que se extendía, y por lo tanto, cada capa en el plástico reforzado con fibra resultante era muy delgada. La resistencia a la tracción tenía un valor muy alto de 510 MPa, probablemente debido a la resistencia al desprendimiento entre capas de los bordes de corte de las fibras.

5 < Comparación en términos de longitud de segmento de fibra -- véase Tabla 4 >

Ejemplo 10

Ejemplo 11

Ejemplo 12 Ejemplo 13

10 [0245] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1, excepto que se cambiaron los intervalos de incisión, es decir, la longitud de segmento de fibra L, en el patrón de incisión utilizado en el Ejemplo 1, y se produjo un plástico reforzado con fibra. La longitud del segmento de fibra L fue de 15 mm en el Ejemplo 10, 45 mm en el Ejemplo 11, 60 mm en el Ejemplo 12 y 90 mm en el Ejemplo 13.

15 [0246] Como resultado de estos, se formó un estado en el que entre las capas adyacentes que tenían la misma dirección de orientación de la fibra en el material de base laminado, las filas de incisiones en el material de base preimpregnado en una capa se desplazaron en la dirección de la fibra en 0,5 veces la longitud del segmento de fibra L a las filas de incisiones en el material de base preimpregnado en la otra capa. Este cambio en la dirección de la longitud de las fibras fue de 7,5 mm en el Ejemplo 10, 22,5 mm en el Ejemplo 11, 30 mm en el Ejemplo 12 y 45 mm en el Ejemplo 13.

20 [0247] A excepción de los del Ejemplo 13, los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra, y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el Ejemplo 13, el plástico reforzado con fibra resultante sufría ligeras ondulaciones de fibra. Además, las fibras no habían fluido lo suficiente hasta el borde en algunas partes de la superficie que sufrían fricción con el molde. Todos los productos de plástico reforzado con fibra estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron tan altos como de 43 a 44 GPa y de 390 a 520 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción fue del 4 a 8%.

25 <Comparación en términos de longitud real del segmento de hendidura -- véase la Tabla 5 >

Ejemplo 14

Ejemplo 15

Ejemplo 16

30 Ejemplo 17

[0248] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1, excepto que se cambió la longitud real W de las incisiones a lo largo de la dirección de incisión en el patrón de incisión del Ejemplo 1, y se produjo un plástico reforzado con fibra.

35 [0249] La longitud de incisión W fue de 15,1 mm en el Ejemplo 14, 10,1 mm en el Ejemplo 15, 2,6 mm en el Ejemplo 16 y 1,35 mm en el Ejemplo 17. Como resultado de estos, se formó un estado en el que las filas de incisión adyacentes se desplazaron en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras. El desplazamiento fue de 15 mm en el Ejemplo 14, 10 mm en el Ejemplo 15, 2,5 mm en el Ejemplo 16 y 1,25 mm en el Ejemplo 17.

40 [0250] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra, y las fibras habían fluido suficientemente hacia el borde. Además, estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 43 a 44 GPa y de 400 a 520 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como del 3 al 4%. En el ejemplo 14, sin embargo, la longitud de incisión W era larga, lo que permitía que los bordes de las fibras de refuerzo se extendieran en un amplio rango. Así, se forma un número significativo de marcas de contracción en Comparación con el Ejemplo 1 y los Ejemplos 15 a 17.

45 Ejemplo 18

Ejemplo 19

Ejemplo 20

Ejemplo 21

[0251] Según un patrón de incisión similar al del Ejemplo 1, un rodillo giratorio producido proporcionando dos o más cuchillas a lo largo de la circunferencia de un cilindro metálico, utilizado en lugar de una máquina de corte automática, se presionó contra un material de base preimpregnado elemental para hacer incisiones en el material de base preimpregnado elemental, alterando así el valor de la longitud W. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1, y se produjo un plástico reforzado con fibra.

[0252] La longitud de incisión W fue de 0,725 mm en el Ejemplo 18, 0,412 mm en el Ejemplo 19, 0,05 mm en el Ejemplo 20 y 0,025 mm en el Ejemplo 21. Como resultado, las filas de incisión adyacentes se desplazaron en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras. El desplazamiento fue de 0,625 mm en el Ejemplo 18, 0,312 mm en el Ejemplo 19, 0,03 mm en el Ejemplo 20 y 0,02 mm en el Ejemplo 21.

[0253] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra, y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Además, estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 44 a 45 GPa y de 560 a 660 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 3 al 6%, excepto en el ejemplo 21. En particular, el uso de una longitud de incisión W más corta sirvió para producir un plástico reforzado con fibra que tenía una resistencia a la tracción ampliamente mejorada. El módulo de tracción también mejoró, aunque sólo ligeramente. En el ejemplo 21, sin embargo, las fibras no habían fluido lo suficiente hasta el borde en algunas porciones de la superficie que sufrían fricción con el molde. Y había ondulaciones de fibra significativas, probablemente porque las fibras no se cortaron a 30 mm o menos debido a la corta longitud de incisión W.

<Comparación en el grosor del material de base preimpregnado -- véase la Tabla 6 >

Ejemplo 22

Ejemplo 23

Ejemplo 24

Ejemplo 25

Ejemplo 26

[0254] Se modificó el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie del material de base preimpregnado elemental con respecto al valor del Ejemplo 1 para modificar el grosor del material de base preimpregnado elemental. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0255] El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie (g/m²) y el grosor (mm) fueron 50 g/m² y 0,05 mm en el Ejemplo 22, 100 g/m² y 0,1 mm en el Ejemplo 23, 150 g/m² y 0,15 mm en el Ejemplo 24, 200 g/m² y 0,2 mm en el Ejemplo 25 y 300 g/m² y 0,3 mm en el Ejemplo 26.

[0256] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Además, estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura.

[0257] En los Ejemplos 22 a 24, el módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron tan altos como 43 a 44 GPa y 400 a 550 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como de 3 a 5%. El módulo de tracción fue de 43 GPa y la resistencia a la tracción fue de 270 a 330 MPa en los ejemplos 25 y 26. Aunque son ligeramente inferiores a los valores de los ejemplos 21 a 23, puede decirse que estos productos tienen una alta resistencia en Comparación con los valores de los ejemplos comparativos 2 a 4 descritos más adelante. En particular, se comprobó que la resistencia a la tracción mejoraba en gran medida con la disminución del grosor del material de base preimpregnado elemental.

< Comparación en términos de fracción de volumen de fibra -- véase la Tabla 7 >

Ejemplo 27

Ejemplo 28

Ejemplo 29

Ejemplo 30

[0258] Se modificó el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie del material de base preimpregnado elemental con respecto al valor del Ejemplo 1 para cambiar la fracción de volumen V_f de las fibras de carbono en el material de base preimpregnado elemental. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.

5 [0259] El peso (g/m²) de las fibras de carbono por unidad de superficie y la fracción de volumen V_f (%) de las fibras de carbono fueron 146 g/m² y 65% en el Ejemplo 27, 135 g/m² y 60% en el Ejemplo 28, 113 g/m² y 50% en el Ejemplo 29 y 101 g/m² y 45% en el Ejemplo 30.

10 [0260] Excepto en el Ejemplo 27, los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el Ejemplo 27, el plástico reforzado con fibra resultante sufría ligeras ondulaciones de fibra. Además, las fibras no habían fluido lo suficiente hasta el borde en algunas partes de la superficie que sufrían fricción con el molde. Todos los plásticos reforzados con fibra estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 36 a 49 GPa y de 360 a 460 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 3 al 8%. Estos resultados muestran que tanto el módulo de tracción como la resistencia mejoran a medida que aumenta la fracción de volumen de las fibras V_f . Sin embargo, la fluidez disminuye indeseablemente a medida que la fracción de volumen de fibra V_f aumenta en gran medida.

< Comparación en términos de una composición de laminado -- véase Tabla 8 >

Ejemplo 31

Ejemplo 32

20 [0261] Excepto por el uso de una composición de laminado diferente a la del Ejemplo 1, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. Para su uso en el Ejemplo 31, se combinaron 16 capas de material de base preimpregnado incisas como las preparadas en el Ejemplo 1 en un material de base laminado de capas cruzadas [0/ 90]4S. Para su uso en el Ejemplo 32, 8 capas de material de base preimpregnado sin incisiones (material de base preimpregnado elemental) que comprenden únicamente fibras continuas preparadas en el Ejemplo 1 y 8 capas de material de base preimpregnado incisas producidas haciendo incisiones en capas de material de base preimpregnado elemental como las preparadas en el Ejemplo 1 se combinaron, una encima de la otra, en capas de material de base preimpregnado elemental [0/ C90]4S ("C" refiriéndose al material de base preimpregnado que comprende únicamente fibras continuas) alternativamente material de base laminado de capas cruzadas.

30 [0262] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el Ejemplo 31, el plástico reforzado con fibra resultante tenía una buena calidad de aspecto y lisura aunque sufría una ligera deformación. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 59 a 60 GPa y de 500 a 510 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción fue tan bajo como 2 a 3%. Sin embargo, el ensayo de tracción se realiza en la dirección 0°, lo que da lugar a unas características mecánicas muy elevadas. Por lo tanto, los plásticos reforzados con fibra resultantes no son suficientemente versátiles porque las fibras no están orientadas en las direcciones de $\pm 45^\circ$.

Ejemplo 33

Ejemplo 34

Ejemplo 35

40 [0263] Excepto por el uso de una composición de laminado diferente a la del Ejemplo 1, en el Ejemplo 33 se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. En el Ejemplo 33, se combinaron 12 capas incisas de material de base preimpregnado como las preparadas en el Ejemplo 1 de forma pseudo-isotrópica en un material de base laminado [60/ 0/ -60]2S.

45 [0264] En el Ejemplo 34, la película de resina epoxi como la utilizada en el Ejemplo 1 se transfirió a las capas de resina y se produjo un material de base laminado insertándolas entre las capas de material de base preimpregnado incisas como las preparadas en el Ejemplo 1. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. El material de base laminado utilizado en el Ejemplo 34 se produjo insertando las capas de resina entre las 16 capas incisas de material de base preimpregnado como se preparó en el Ejemplo 1 de forma pseudo-isotrópica para proporcionar un material de base laminado [45/ R/ 0/ R/ -45/ R/ 90/ R]2S ("R" denota la capa de resina). La fracción de volumen de fibra final V_f fue del 49%.

50

- 5 [0265] En el Ejemplo 35, se prepararon capas de material de base preimpregnado de tejido liso (plain weave) con una fracción de volumen de fibra Vf del 55% y un grosor de capa de 250 μm mediante la impregnación de la resina epoxi utilizada en el Ejemplo 1 y se produjo un material de base laminado añadiéndolas como las capas más externas al material de base preimpregnado inciso preparado en el Ejemplo 1. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. El material de base laminado utilizado en el Ejemplo 35 se produjo apilando las 16 capas de material de base preimpregnado incisas preparadas en el Ejemplo 1 de forma pseu-doisotrópica y añadiendo las capas de material de base preimpregnado de tejido liso con direcciones de orientación de fibra de 0° y 90° sobre las primeras para proporcionar un material de base laminado [WF 0/ 45/ 0/ -45/ 90]2S ("WF" denota material de base preimpregnado de tejido liso).
- 10 [0266] Todos los productos de plástico reforzado con fibra producidos en los Ejemplos 33 y 34 estaban libres de ondulaciones de fibra, y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. El plástico reforzado con fibra obtenido en el Ejemplo 34, en particular, tenía una alta fluidez de la fibra y las fibras se habían extendido muy uniformemente. Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura.
- 15 [0267] Su módulo de tracción y su resistencia a la tracción eran de 44 GPa y 39 GPa, y de 420 MPa y 370 MPa, respectivamente. Estos valores son suficientemente altos como se esperaba de la fracción de volumen de fibra medida Vf. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como 5% y 3%, respectivamente.
- 20 [0268] En el plástico reforzado con fibra obtenido en el Ejemplo 35, no se observó flujo en las porciones de tejido liso en las capas más externas, pero se produjo suficiente flujo hacia el borde en las porciones entre las de tejido liso. Se observaron algunas ondulaciones de fibra, sobre todo en los bordes, pero en su conjunto el producto no presentaba deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 52 GPa y 490 MPa, respectivamente. Así pues, la composición híbrida sirvió para conseguir unas características mecánicas elevadas.
- Ejemplo 36
- 25 [0269] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para preparar una película de resina. A continuación, la película de resina se aplicó a ambos lados de una lámina de fibras de carbono orientadas en una dirección como en el Ejemplo 1, seguido de calentamiento y prensado hasta un grado en el que las fibras de carbono no se impregnaron completamente con la resina, proporcionando un material de base preimpregnado que tiene un peso de fibra de carbono por unidad de área de 125 g/m² y una fracción de volumen de fibra Vf del 55%.
- 30 [0270] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para realizar incisiones en este material de base preimpregnado semiimpregnado, como se muestra en la Fig. 10. Aunque algunas áreas en la porción central en la dirección del grosor se dejaron sin impregnar con la resina, el material de base preimpregnado resultante estaba libre de pelusas de fibra causadas por las incisiones y la separación de fibras y tenía una manejabilidad suficiente como en el Ejemplo 1. A continuación, la laminación y el moldeo se llevaron a cabo como en el Ejemplo 1 para producir un
- 35 plástico reforzado con fibra.
- [0271] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción alcanzaron 43 GPa y 440 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 5%.
- 40 Comparación de los materiales de base preimpregnados de incisión de dos caras -- véase la Tabla 9 >
- Ejemplo 37
- Ejemplo 38
- Ejemplo 39
- 45 [0272] En el paso para realizar incisiones en el material de base preimpregnado elemental como en el Ejemplo 1, las incisiones se realizaron desde las caras superior e inferior del material de base preimpregnado elemental sin penetrar en la capa. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.
- 50 [0273] La Fig. 7 muestra una vista lateral esquemática de un aparato de formación de incisiones utilizado en un paso para proporcionar incisiones en un material de base preimpregnado elemental. En la Fig. 7, el aparato de formación de incisiones CA7 comprende un rodillo giratorio superior 71a y un rodillo giratorio inferior 71b que se proporcionan en el lado de la cara superior y el lado de la cara inferior, respectivamente, de un material de base preimpregnado

elemental RP7. El rodillo giratorio superior 71a tiene cuchillas de corte 72a que sobresalen de la superficie, se alinean a intervalos y tienen una longitud determinada. El rodillo giratorio inferior 71b tiene cuchillas de corte 72b que sobresalen de la superficie, se alinean a intervalos y tienen una longitud determinada. El rodillo giratorio superior 71a y el rodillo giratorio inferior 71b tienen el mismo radio y giran a la misma velocidad de rotación.

5 [0274] El material de base preimpregnado elemental RP7 fue suministrado al aparato de formación de incisiones CA7 mostrado en la Fig. 7, y las cuchillas de corte en los rodillos rotatorios superior e inferior trabajaron para hacer incisiones C7a y C7b en el material de base preimpregnado elemental RP7 desde las caras superior e inferior del material de base preimpregnado elemental RP7 sin permitirles penetrar en el material de base RP7, para producir un material de base preimpregnado de incisión de dos caras P7.

10 [0275] Aquí, el grosor del material de base preimpregnado de incisión de dos caras P7, la profundidad de corte de las incisiones C7a realizadas desde la cara superior del material de base preimpregnado de incisión de dos caras P7 y la profundidad de corte de las incisiones C7b realizadas desde la cara inferior se denominan H, U y D, respectivamente.

[0276] En el ejemplo 37, la profundidad de corte U es de 35 μm y este valor es igual a 0,28H. La profundidad de corte D es de 100 μm y este valor es igual a 0,8H.

15 [0277] En el Ejemplo 38, la profundidad de corte U es de 55 μm y este valor es igual a 0,44H. La profundidad de corte D es de 75 μm y este valor es igual a 0,6H.

[0278] En el Ejemplo 39, las profundidades de corte U y D son de 67 μm y este valor es igual a 0,54H.

20 [0279] En el material de base preimpregnado inciso P7, la distancia entre una incisión A seleccionada al azar en la cara superior y la incisión B que es adyacente en la cara superior a la primera en la dirección de la longitud de las fibras, o la longitud del segmento de fibra L, es de 30 mm y la incisión C en la cara inferior está situada en una posición de 15 mm (0,5L) de distancia de la incisión A hacia la incisión B en la dirección de la longitud de las fibras. Así, en el material de base preimpregnado P7, todas las fibras fueron cortadas o por las incisiones superiores C7a o por las incisiones inferiores C7b y tenían una longitud de segmento de fibra L de 30 mm o menos.

25 [0280] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Aunque un plástico reforzado con fibra producido en el Ejemplo 37 sufrió una ligera deformación, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 43 a 44 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente. La resistencia a la tracción fue de 480 MPa en el ejemplo 37, de 540 MPa en el ejemplo 38 y de 580 MPa en el ejemplo 39, y todos estos valores fueron suficientemente altos en Comparación con los del ejemplo 1. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como de 2 a 4%. En particular, se observó que la resistencia a la tracción aumentaba con una diferencia decreciente entre el número de incisiones en la cara superior y el de la cara inferior. Es probable que esto se atribuya al hecho de que el grosor del borde de corte de la fibra se minimiza cuando la profundidad de las incisiones en la cara superior es igual a la de la cara inferior.

Ejemplo 40

35 Ejemplo 41

Ejemplo 42

[0281] Excepto que las incisiones se realizaron en el material de base preimpregnado elemental como en los Ejemplos 37 a 39, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 9 para producir un plástico reforzado con fibra.

40 [0282] Aquí, el grosor del material de base preimpregnado, la profundidad de corte de las incisiones realizadas desde la cara superior y la profundidad de corte de las incisiones realizadas desde la cara inferior se denominan H, U y D, respectivamente. En el ejemplo 40, la profundidad de corte U es de 35 μm y este valor es igual a 0,28H. La profundidad de corte D es de 100 mm y este valor es igual a 0,8H.

[0283] En el Ejemplo 41, la profundidad de corte U es de 55 μm y este valor es igual a 0,44H. La profundidad de corte D es de 75 μm y este valor es igual a 0,6H.

45 [0284] En el Ejemplo 42, ambas profundidades de corte U y D son de 67 μm y este valor es igual a 0,54H.

[0285] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra. Aunque un plástico reforzado con fibra producido en el Ejemplo 40 sufrió una ligera deformación, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 43 a 44 GPa, como se esperaba teóricamente. La resistencia a la tracción fue de 400 MPa en el ejemplo 40, de 460 MPa en el ejemplo 41 y de 490 MPa en el ejemplo 42, y todos estos valores fueron suficientemente altos en Comparación con

los del ejemplo 9. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como de 2 a 5%. En particular, como en el caso de los Ejemplos 37 a 39, se observó que la resistencia a la tracción aumentaba con una diferencia decreciente entre la profundidad de las incisiones en la cara superior y la de la cara inferior.

< Comparación del material de base preimpregnado de incisión inclinada -- véase la Tabla 10 >

5 Ejemplo 43

Ejemplo 44

Ejemplo 45

Ejemplo 46

Ejemplo 47

10 [0286] Se realizaron incisiones en un material de base preimpregnado elemental como el producido en el Ejemplo 1, y se aplicó una fuerza de cizallamiento al material de base preimpregnado inciso resultante en su dirección de grosor para inclinar las incisiones desde la dirección de grosor. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. Se realizaron incisiones verticales que penetraban en el material de base preimpregnado elemental como en el Ejemplo 1, y se permitió que el material de base preimpregnado inciso resultante pasara a través de un rodillo de presión que comprendía un rodillo giratorio superior y un rodillo giratorio inferior que tenían diferentes velocidades de rotación para que el rodillo giratorio superior y el rodillo giratorio inferior se aplicaran respectivamente a las caras superior e inferior del material de base preimpregnado. El material de base preimpregnado se calentó y ablandó a una temperatura de 60°C mientras se introducía en el rodillo de presión. Se aplicó una fuerza de cizallamiento al material de base preimpregnado por el rodillo de presión y, como resultado, los planos de corte en los segmentos de fibra de refuerzo, que estaban originalmente en la dirección del grosor del material de base preimpregnado, se inclinaron desde la dirección del grosor.

15 [0287] La Fig. 8 muestra una vista lateral esquemática de un aparato típico para hacer incisiones inclinadas. Un aparato CA8 para hacer incisiones inclinadas mostrado en la Fig. 8 tiene un rodillo de presión 82 que comprende un rodillo rotatorio superior 81a y un rodillo rotatorio inferior 81b. El rodillo giratorio superior 81a y el rodillo giratorio inferior 81b tienen diferentes velocidades de rotación. Entre el rodillo giratorio superior 81a y el rodillo giratorio inferior 81b se suministra un material de base preimpregnado P8A, que tiene incisiones C8A en la dirección del grosor del material de base preimpregnado. A medida que el material de base preimpregnado pasa por el rodillo de presión 82, la diferencia en la velocidad de rotación entre los dos rodillos giratorios funciona para inclinar las incisiones C8A, que están originalmente en la dirección del grosor del material de base preimpregnado, en la dirección del grosor. Esto produce un material de base preimpregnado P8B con incisiones C8B que se forman inclinando las incisiones C8A en la dirección del grosor.

25 [0288] La distancia de cizallamiento S se define como la distancia 63 medida en la dirección de la fibra entre la línea de corte en las fibras de refuerzo en la cara superior y la de la cara inferior del material de base preimpregnado de incisión inclinada P8B (véase la Fig. 6). Se recortó una muestra con una superficie de 250 x 250 mm del material de base preimpregnado de incisión inclinada C8B y se midió la distancia de cizallamiento S para 5 o más incisiones. Su media se substituyó en la Fórmula I para calcular el ángulo 62 de las incisiones, es decir, el ángulo de inclinación θ_a .

30 [0289] La distancia de cizallamiento S fue de 12,5 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 0,6° en el Ejemplo 43. La distancia de cizallamiento S fue de 6,25 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 1,1° en el Ejemplo 44. La distancia de cizallamiento S fue de 1 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 7,1° en el ejemplo 45. La distancia de cizallamiento S fue de 0,5 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 1,4° en el Ejemplo 46. La distancia de cizallamiento S fue de 0,25 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 27° en el Ejemplo 47.

35 [0290] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra. Aunque un plástico reforzado con fibra producido en el Ejemplo 43 sufrió una ligera deformación, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 43 a 45 GPa, como se esperaba teóricamente. La resistencia a la tracción fue de 460 MPa en el Ejemplo 44, 450 MPa en el Ejemplo 45, 440 MPa en el Ejemplo 46 y 430 MPa en el Ejemplo 47, y todos estos valores fueron casi iguales o superiores a los del Ejemplo 1.

40 [0291] En particular, la resistencia a la tracción aumentó con la disminución del ángulo de inclinación θ_a , probablemente debido a la disminución de la concentración de tensión en los bordes de corte de la fibra. En el Ejemplo 43, en el que el ángulo de inclinación θ_a era inferior a 1°, sin embargo, la distancia de cizallamiento S era muy grande y la variación de la distancia de cizallamiento S entre diferentes incisiones también era grande, lo que indica que la estabilidad del proceso de moldeo era baja.

Ejemplo 48

Ejemplo 49

Ejemplo 50

Ejemplo 51

5 Ejemplo 52

[0292] A excepción de que las incisiones se inclinaron en el material de base preimpregnado inciso como en los Ejemplos 43 a 47, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 9 para producir un plástico reforzado con fibra.

10 [0293] La distancia de cizallamiento S fue de 12,5 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de $0,6^\circ$ en el Ejemplo 48. La distancia de cizallamiento S fue de 6,25 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de $1,1^\circ$ en el Ejemplo 49. La distancia de cizallamiento S fue de 1 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de $7,1^\circ$ en el ejemplo 50. La distancia de cizallamiento S era de 0,5 mm y el ángulo de inclinación θ_a era de $1,4^\circ$ en el ejemplo 51. La distancia de cizallamiento S fue de 0,25 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 27° en el Ejemplo 52.

15 [0294] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra. Aunque un plástico reforzado con fibra producido en el Ejemplo 40 sufrió una ligera deformación, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 45 a 47 GPa. La resistencia a la tracción fue de 480 MPa en el Ejemplo 48, 460 MPa en el Ejemplo 49, 420 MPa en el Ejemplo 50, 380 MPa en el Ejemplo 51 y 350 MPa en el Ejemplo 52. Excepto en el ejemplo 52, no sólo la resistencia a la tracción, sino también el módulo de tracción fueron altos en Comparación con los valores del ejemplo 9. Como en los Ejemplos 20 43 a 47, en particular, la resistencia a la tracción aumentó con la disminución del ángulo de inclinación θ_a . La tasa de aumento de los valores de resistencia en los Ejemplos 43 a 47 a partir de los del Ejemplo 1 es mayor que la de los del Ejemplo 9, lo que indica que la concentración de tensión disminuye con una distancia decreciente entre los bordes de corte de la fibra, es decir, con un ángulo de inclinación θ_a decreciente.

< Comparación del material de base preimpregnado de incisión oblicua -- véase la Tabla 11 >

25 Ejemplo 53

Ejemplo 54

30 [0295] Utilizando una máquina de corte automática, se realizó un gran número de incisiones con el patrón de incisión mostrado en la Fig. 2(f) en un material de base preimpregnado elemental producido como en el Ejemplo 1. Específicamente, las incisiones, que tienen una forma recta con una longitud constante, son oblicuas desde la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras. La longitud real de la incisión W medida en la dirección de las incisiones fue de 5,1 mm. La distancia entre los centros geométricos de dos incisiones que son adyacentes en la dirección de orientación de las fibras, es decir, la longitud del segmento de fibra L era de 30 mm. El ángulo oblicuo de las incisiones con respecto a la dirección de orientación de las fibras era de 30° en el ejemplo 53 y de 45° en el ejemplo 54. Como resultado, la longitud del segmento de incisión (longitud proyectada) W_s fue de 2,55 mm en el Ejemplo 53 y de 3,61 mm en el Ejemplo 54. En consecuencia, las filas de incisión adyacentes se desplazan en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras en 2,5 mm en el Ejemplo 53 y 3,5 mm en el Ejemplo 54.

40 [0296] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 43 a 44 GPa y de 410 a 470 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción era tan bajo como 2 a 4%. La resistencia a la tracción mejoró en gran medida a medida que las incisiones se hicieron más oblicuas para disminuir la longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) W_s y a medida que el número de fibras cortadas por incisión disminuyó.

Ejemplo 55

45 Ejemplo 56

50 [0297] Utilizando el mismo método que en los Ejemplos 53 y 54, se realizaron incisiones rectas y oblicuas desde la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras en un material de base preimpregnado elemental. La longitud del segmento de incisión W era de 1,35 mm. La longitud del segmento de fibra L era de 30 mm. El ángulo oblicuo de las incisiones con respecto a la dirección de orientación de las fibras fue de 30° en el Ejemplo 55 y de 45° en el Ejemplo 56. Como resultado, la longitud del segmento de incisión (longitud proyectada) W_s fue de 0,68 mm en

el Ejemplo 55 y de 0,95 mm en el Ejemplo 56. En consecuencia, las filas de incisión adyacentes se desplazan en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras en 0,6 mm en el Ejemplo 55 y 0,9 mm en el Ejemplo 56.

5 [0298] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 44 a 45 GPa y la resistencia a la tracción era de 580 a 670 MPa y todos estos valores eran muy altos en Comparación con los del Ejemplo 17. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción era tan bajo como 4 a 5%.

Ejemplo 57

10 Ejemplo 58

15 [0299] Para un material de base preimpregnado elemental producido como en el Ejemplo 1, el grosor del material de base preimpregnado elemental se cambió a 0,2 mm cambiando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie a 200 g/m². A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento con el mismo patrón de incisión que en los Ejemplos 55 y 56 para realizar incisiones en el material de base preimpregnado elemental. Las incisiones fueron rectas y oblicuas desde la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras.

[0300] Todos los plásticos reforzados con fibra resultante estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción eran extremadamente altos, de 43 a 44 GPa y de 520 a 600 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como de 3 a 6%.

20 Ejemplo 59

25 [0301] Para un material de base preimpregnado elemental producido como en el Ejemplo 1, el grosor del material de base preimpregnado elemental se cambió a 0,2 mm cambiando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie a 200 g/m². La longitud real W de las incisiones fue de 1,35 mm, es decir, la longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) Ws fue de 1,35 mm, y las filas de incisiones adyacentes se desplazaron 1,3 mm en la dirección perpendicular a la dirección de orientación de las fibras. A excepción de estos cambios, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en los Ejemplos 1.

30 [0302] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaban libres de deformación y tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción alcanzaron 43 GPa y 440 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción era tan bajo como el 4%. Sin embargo, la resistencia a la tracción fue ligeramente inferior a la de los ejemplos 57 y 58.

< Comparación en términos de composición de laminado (— ver Tabla 8 >

Ejemplo de referencia 1

Ejemplo de referencia 2

35 [0303] Excepto por el uso de un material de base laminado producido como en el ejemplo 1 pero con una composición de laminado diferente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. Para su uso en el ejemplo de referencia 1, se combinaron 8 capas de material de base preimpregnado incisas como las preparadas en el ejemplo 1 en la misma dirección para proporcionar un material de base laminado [0]8. Para su uso en el ejemplo de referencia 2, se combinaron 16 capas incisas de material de base preimpregnado como las preparadas en el ejemplo 1 para proporcionar un material de base laminado [0/ 45]4S.

40 [0304] En un plástico reforzado con fibra producido en el ejemplo de referencia 1, se encontró que las fibras habían fluido sólo en la dirección de 90° mientras que no se había producido sustancialmente ningún flujo en la dirección de 0° aunque las fibras sobresalían como cirros en algunas porciones. Los huecos en la cavidad en la dirección de 0° contenían resina que había sido exprimida y el plástico reforzado con fibra resultante tenía una mala calidad de aspecto. En el plástico reforzado con fibra resultante en el ejemplo de referencia 2, las fibras habían fluido por toda la cavidad, pero el flujo de las fibras era anisotrópico como en el caso de la composición de laminado, lo que daba lugar a grandes ondulaciones de fibra. Además, el plástico reforzado con fibra resultante sufría una gran deformación.

[0305] A continuación se describen ejemplos comparativos.

<Comparación en términos de forma del material de base preimpregnado -- véase la Tabla 1 >

Ejemplo comparativo 1

[0306] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1, excepto que no se realizaron incisiones en el material de base preimpregnado elemental.

- 5 [0307] En el plástico reforzado con fibra resultante, el material de base laminado se estiró poco, es decir, fluyó poco, permaneciendo el área casi al tamaño original de 250 x 250 mm, durante el moldeo del material de base laminado para formar el plástico reforzado con fibra, y la resina matriz se exprimió para formar rebabas de resina entre el plástico reforzado con fibra y el molde. Debido a la resina exprimida, el moldeo tenía una superficie correosa y no parecía servir como material comercial.

Ejemplo comparativo 2

- 10 [0308] Se produjo una película de resina gruesa a partir de una composición de resina epoxi como la utilizada en el Ejemplo 1. A continuación, se dejó caer un haz de fibras de carbono (resistencia a la tracción 4.900 MPa, módulo de tracción 235 GPa, 12.000 fibras) cortado a una longitud de 25 mm y se dispersó de manera uniforme sobre la película de resina hasta un peso por unidad de superficie de 125 g/m². Se colocó otra película de resina encima de la primera para intercalar las fibras de carbono cortadas y se dejó pasar por un rodillo de calandra para obtener una lámina de SMC con una fracción de volumen de fibra Vf del 55%. A partir de esta lámina de SMC, se recortaron 16 especímenes con un área de 250 x 250 mm y se apilaron para obtener un material de base laminado. A continuación, se llevó a cabo el mismo procedimiento de moldeo que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.

- 15 [0309] En el plástico reforzado con fibra resultante, las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Se produjo una deformación, aunque sólo ligeramente, y también tuvo lugar una distribución desigual de las fibras que causó marcas de depresión en las porciones ricas en resina, lo que dio lugar a una pobre lisura. El módulo de tracción fue de 33 GPa, lo que es significativamente inferior al valor teórico, probablemente porque las fibras no eran rectas. La resistencia a la tracción fue de 220 MPa, y el coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan extremadamente alto como el 12%. Por lo tanto, era poco probable que el moldeo sirviera como material estructural.

Ejemplo comparativo 3

- 25 [0310] Utilizando 100 partes en peso de resina de éster de vinilo (Derakane 790 producida por The Dow Chemical Company) como resina matriz, 1 parte en peso de benzoato de tert-butilperoxi (Perbutyl Z producido por NOF Corporation) como agente de curado, 2 partes en peso de estearato de zinc (SZ-2000 producido por Sakai Chemical Industry Co, Ltd.) como agente de desmoldeo interno y 4 partes en peso de óxido de magnesio (MgO #40 producido por Kyowa Chemical Industry Co., Ltd.) como mejorador de la viscosidad, su mezcla se mezcló suficientemente por
- 30 agitación para obtener una pasta de resina. La pasta de resina resultante se aplicó sobre una película de desmoldeo de polipropileno con una rasqueta.

- [0311] Como en el ejemplo comparativo 2, se dejaron caer fibras de carbono cortadas a una longitud de 25 mm y se dispersaron uniformemente sobre la película hasta un peso por unidad de superficie de 500 g/m². A continuación, se combinó otra película de polipropileno recubierta con pasta de resina, con la pasta de resina intercalada. La fracción de volumen de la fibra de carbono en la lámina de SMC fue del 40%.

- 35 [0312] La lámina resultante se dejó reposar durante 24 horas a 40°C para asegurar un aumento suficiente de la viscosidad de la pasta de resina para proporcionar la lámina de SMC. A partir de la lámina de SMC, se recortaron 4 muestras con un área de 250 x 250 mm y se combinaron para producir un material de base laminado. Para el material de base laminado resultante, se llevó a cabo el mismo procedimiento de moldeo que en el Ejemplo 1 para producir un
- 40 plástico reforzado con fibra.

- [0313] En el plástico reforzado con fibra resultante, las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. La deformación tuvo lugar aunque sólo ligeramente. En Comparación con el ejemplo comparativo 2, un mayor contenido de resina condujo a una mejor lisura, pero se produjeron algunas marcas de depresión. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron generalmente bajos, concretamente 30 GPa y 160 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción era tan elevado como el 16%. Por lo tanto, era poco probable que el moldeo sirviera como material estructural.

Ejemplo comparativo 4

- 50 [0314] La pasta de resina se preparó como en el ejemplo comparativo 3 y luego la pasta de resina se aplicó sobre una película de polipropileno. Se cortaron fibras de vidrio (resistencia a la tracción de 1.500 MPa, módulo de tracción de 74 GPa, 800 fibras) a una longitud de 25 mm y se dejaron caer y se dispersaron uniformemente sobre la película hasta un peso por unidad de superficie de 700 g/m². A continuación, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo comparativo 3 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0315] En el plástico reforzado con fibra resultante, las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. La deformación tuvo lugar aunque sólo ligeramente. En Comparación con el ejemplo comparativo 2, un mayor contenido de resina condujo a una mejor lisura, pero se produjeron algunas marcas de depresión. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron generalmente bajos, concretamente 15 GPa y 180 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción era tan extremadamente alto como el 14%. Por lo tanto, era poco probable que el moldeado sirviera como material estructural.

< Comparación en términos de longitud de segmento de fibra -- véase la Tabla 4 >

Ejemplo comparativo 5

Ejemplo comparativo 6

[0316] En el patrón de incisión utilizado en el Ejemplo 1, se cambió el intervalo L entre las incisiones (la longitud del segmento de fibra). A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. La longitud del segmento de fibra L fue de 7,5 mm en el ejemplo comparativo 5 y de 120 mm en el ejemplo comparativo 6. Como resultado, en el material de base laminado, las incisiones en filas en la capa de material de base preimpregnado se desplazaron en la dirección de orientación de las fibras en 0,5 veces el intervalo L en Comparación con las incisiones en la capa de material de base preimpregnado que era adyacente a la primera y tenía la misma dirección de orientación. Este desplazamiento en la dirección de longitud de las fibras fue de 3,75 mm en el ejemplo comparativo 5 y de 60 mm en el ejemplo comparativo 6.

[0317] En el ejemplo comparativo 5, el plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. Sin embargo, la resistencia a la tracción es baja, de 320 MPa, en Comparación con el Ejemplo 1 y los Ejemplos 10 a 13. En el caso del plástico reforzado con fibra producido en el ejemplo comparativo 6, las fibras no habían fluido por toda la cara de la cavidad del molde, dejando porciones ricas en resina en el borde. También se encontraron ondulaciones de fibra y deformación.

< Comparación en términos de grosor del material de base preimpregnado -- véase Tabla 6 > Ejemplo comparativo 7

[0318] Para un material de base preimpregnado elemental inciso como el preparado en el Ejemplo 1, el grosor del material de base preimpregnado elemental se modificó ajustando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0319] El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie fue de 25 (g/m²) y el grosor fue de 0,025 (mm).

[0320] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. Sin embargo, el material de base preimpregnado elemental inciso era muy delgado, lo que suponía un coste de producción muy elevado.

< Comparación en términos de fracción de volumen de fibra -- véase Tabla 7 >

Ejemplo comparativo 8

Ejemplo comparativo 9

[0321] Para un material de base preimpregnado elemental como el preparado en el Ejemplo 1, la fracción de volumen Vf de las fibras de carbono se modificó ajustando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra. El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie (g/m²) y la fracción de volumen de las fibras Vf (%) fueron 158 g/m² y 70% en el ejemplo comparativo 8 y 90 g/m² y 40% en el ejemplo comparativo 9, respectivamente.

[0322] El plástico reforzado con fibra resultante en el ejemplo comparativo 8 sufría ondulaciones de fibra y las fibras no habían fluido hasta el borde en algunas porciones de la superficie que sufrían fricción con el molde. La resina estaba ausente en algunas porciones de la superficie, y el moldeado tenía una calidad de apariencia pobre, así como una deformación significativa. El plástico reforzado con fibra resultante en el ejemplo comparativo 9 no presentaba deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. Sin embargo, el módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 33 GPa y 320 MPa, respectivamente, que son significativamente inferiores a los valores obtenidos en el ejemplo 1 y en los ejemplos 27 a 30.

< Comparación en términos de forma del material de base preimpregnado -- Tabla 12 >

Ejemplo 60

[0323] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1 para producir un material de base preimpregnado elemental y se formó un gran número de incisiones rectas continuas inclinadas en 10° desde la dirección de orientación de las fibras (dirección vertical VD en la Fig. 14(a)) como se muestra en la Fig. 14(a) con una máquina de corte automática para producir un material de base preimpregnado inciso. Las incisiones están alineadas a intervalos regulares. De este material de base preimpregnado se recortaron muestras de material de base preimpregnado con una superficie de 300 x 300 mm. Sin embargo, dado que cada incisión es continua, las incisiones se hicieron de tal manera que la periferia de 5 mm de ancho de cada área de la muestra estaba libre de incisiones, para evitar que las fibras se aflojaran.

[0324] A partir de este material de base preimpregnado preparado anteriormente, se cortaron dos tipos de muestras de material de base preimpregnado con un área de 300 x 300 mm que se utilizarían para la laminación en la dirección de orientación de las fibras de carbono (dirección 0°) y en la dirección a 45° (dirección 45°) a la derecha de la dirección de orientación de las fibras de carbono. Las muestras de material de base preimpregnado para la laminación tenían un área total de 300 x 300 mm y la periferia de 5 mm de ancho de cada área de la muestra estaba libre de incisiones. Por lo tanto, las incisiones existían dentro del área de 290 x 290 mm. La longitud de segmento L de las fibras cortadas por las incisiones era de 30 mm. Este material de base preimpregnado tenía pegajosidad ya que la resina epoxi que constituía el material de base preimpregnado tenía una viscosidad de 2×10^4 Pa-s en una atmósfera de 25°C .

[0325] Las 16 muestras de material de base preimpregnado antes mencionadas para su laminación se combinaron para preparar un laminado pseudo-isotrópico $[-45/0/+45/90]_2\text{S}$, y a continuación se cortó una periferia de 25 mm de ancho para producir un material de base laminado con un área de 250 x 250 mm y con incisiones en toda su cara.

[0326] Para el material de base laminado resultante, se llevó a cabo el mismo procedimiento de moldeo que en el Ejemplo 1 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0327] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hacia el borde. En general, estaba libre de deformación. Además, en la capa más externa sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 46 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente, y la resistencia a la tracción alcanzaba los 590 MPa. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan extremadamente bajo como el 5%. Estos resultados demuestran que el plástico reforzado con fibra resultante tenía las características mecánicas así como la calidad para su uso como material estructural o como material para placas exteriores. Cuando se observó la muestra en la dirección 0° del plástico reforzado con fibra resultante, se comprobó que no había porciones que contuvieran ondulaciones de capa o fibras y que sólo existían unas pocas porciones ricas en resina, como se ve en la Fig. 16D. Además, los bordes de corte de la fibra están inclinados con respecto a la dirección del grosor (unos 5° o menos con respecto a la dirección de la fibra), lo que permite que el moldeo tenga una alta eficiencia de transferencia de tensión.

Ejemplo 61

[0328] Excepto por el uso de una manera distinta de realizar las incisiones, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. En un material de base preimpregnado elemental como el preparado en el Ejemplo 60, se formó un gran número de incisiones discontinuas, rectas e inclinadas en $\pm 0^\circ$ respecto a la dirección de orientación de las fibras en toda la cara, como se muestra en la Fig. 14(d), con una máquina de corte automática, proporcionando así un preimpregnado inciso. Las incisiones se alinearon a intervalos regulares.

[0329] A partir de este material de base preimpregnado inciso, se recortaron muestras de material de base preimpregnado con un área de 300 x 300 mm que se utilizarían para la laminación en la dirección de orientación de las fibras de carbono (dirección 0°) y en la dirección a 45° (dirección 45°) a la derecha de la dirección de orientación de las fibras de carbono. La longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) Ws era de 10 mm (la longitud real de la incisión W era de 57,6 mm) y, como se observa en la Fig. 12, las fibras en algunas porciones fueron cortadas por las incisiones adyacentes para formar segmentos de fibra más cortos que L. La longitud era de unos 15 mm en este Ejemplo.

[0330] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. En general, estaba libre de deformación. En la capa más externa, además, sólo existían unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 46 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente, y la resistencia a la tracción alcanzaba los 550 MPa. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción era tan extremadamente bajo como el 4%.

[0331] Cuando se observó una muestra recortada en la dirección 0° del plástico reforzado con fibra resultante, se encontró que no había porciones que contuvieran ondulaciones de capa o fibras y que sólo había unas pocas porciones ricas en resina como se ve en la Fig. 16D. Además, los bordes de corte de la fibra están inclinados con respecto a la dirección del grosor (unos 5° o menos con respecto a la dirección de la fibra), lo que permite que el moldeado tenga una alta eficiencia de transferencia de la tensión.

Ejemplo 62

[0332] Excepto por el uso de una forma diferente de realizar las incisiones, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. En un material de base preimpregnado elemental como el preparado en el Ejemplo 60, se formó un gran número de incisiones discontinuas, rectas e inclinadas en 10° desde la dirección de orientación de las fibras en toda la cara como se muestra en la Fig. 14(e) con una máquina de corte automática, proporcionando así un material de base preimpregnado inciso. Las incisiones se alinearon a intervalos regulares.

[0333] A partir de este material de base preimpregnado inciso, se recortaron muestras de material de base preimpregnado con un área de 300 x 300 mm que se utilizarían para la laminación en la dirección de orientación de las fibras de carbono (dirección 0°) y en la dirección a 45° (dirección 45°) a la derecha de la dirección de orientación de las fibras de carbono. La longitud de segmento de hendidura (longitud proyectada) W_s era de 10 mm (la longitud real de la incisión W era de 57,6 mm) y, como se ve en la Fig. 12, las fibras en algunas porciones fueron cortadas por las incisiones adyacentes en segmentos de fibra más cortos que L . La longitud era de unos 15 mm en este Ejemplo.

[0334] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hacia el borde. Por lo general, no presentaba deformación. En la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 46 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente, y la resistencia a la tracción alcanzaba los 580 MPa. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan extremadamente bajo como el 5%.

[0335] Cuando se observó una muestra recortada en la dirección 0° del plástico reforzado con fibra resultante, se encontró que no había porciones que contuvieran ondulaciones de la capa o fibras y que sólo había unas pocas porciones ricas en resina como se ve en la Fig. 16D. Además, los bordes de corte de la fibra están inclinados hacia la dirección del grosor (unos 5° o menos desde la dirección de la fibra), lo que permite que el moldeado tenga una alta eficiencia de transferencia de tensión.

< Comparación en términos de fibra de refuerzo y resina matriz -- véase la Tabla 13 >

Ejemplo 63

[0336] Excepto por el uso de 5 partes en peso de 2,4-tolueno bis-dimetilurea (Omicure (marca registrada) 24 producido por PTI Japan Co., Ltd.) como acelerador de curado, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un material de base preimpregnado y luego se produjo un material de base laminado a partir del primero. Excepto por el uso de un tiempo de prensado (tiempo de curado) de 3 minutos en la máquina de prensado-calentamiento, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para el material de base laminado resultante para producir un plástico reforzado con fibra. Aunque el tiempo de prensado fue sólo 1/10 del utilizado en el Ejemplo 60, el plástico tenía el mismo nivel de temperatura de transición vítrea, lo que indica que la composición de resina epoxi utilizada tenía capacidad de curado rápido.

[0337] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hacia el borde. Estaba libre de deformación. En la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción alcanzaron 47 GPa y 580 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 4%. Estos valores no son en absoluto inferiores a los obtenidos en el Ejemplo 60.

Ejemplo 64

[0338] Excepto por el uso de 7 partes en peso de 4,4-metileno bis (fenil dimetilurea) (Omicure (marca registrada) 52 producido por PTI Japan Co., Ltd.) como acelerador de curado, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 63 para producir un plástico reforzado con fibra. Aunque el tiempo de prensado fue sólo 1/10 del utilizado en el Ejemplo 60, el plástico tenía el mismo nivel de temperatura de transición vítrea, indicando que la composición de resina epoxi no curada utilizada tenía capacidad de curado rápido.

[0339] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hacia el borde. Estaba libre de deformación. En la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción alcanzaron 47 GPa y 580 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 5%. Estos valores no son en absoluto inferiores a los obtenidos en el Ejemplo 60.

Ejemplo 65

[0340] Se calentaron gránulos de resina de poliamida copolimerizada (Amilan (marca registrada) CM4000 producida por Toray Industries, Inc., un producto copolímero de poliamida 6/ 66/ 610 que tiene un punto de fusión de 155°C) y se prensaron a 200°C en una película que tenía un grosor de 34 µm. Salvo que no se utilizó el papel antiadherente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un material de base preimpregnado inciso. La resina de poliamida era sólida en una atmósfera de 25°C, y fue imposible medir su viscosidad. El material de base preimpregnado producido no era pegajoso.

[0341] Después de haber sido cortadas en piezas de prueba que tenían el mismo tamaño que en el Ejemplo 60, las 16 capas, que estaban libres de pegajosidad, fueron simplemente apiladas de manera pseudo-isotrópica ([-45/ 0/ +45/ 90]2S), y colocadas en una zona aproximadamente central de un molde de placa plana que tenía una cavidad con un área de 300 x 300 mm. El material fue prensado bajo una máquina de prensado-calentamiento durante un tiempo de moldeo de 1 minuto a una temperatura de 200°C a una presión de 6 MPa para permitir que el material de base laminado fluyera. Sin abrir el molde, el material se enfrió y se retiró para producir un plástico reforzado con fibra en forma de una placa plana con un área de 300 x 300 mm.

[0342] Aunque sufría ligeras ondulaciones de fibra, las fibras del plástico reforzado con fibra resultante habían fluido hasta el borde. Existía una distribución ligeramente no uniforme de la fibra, lo que provocaba una ligera deformación. En la capa más externa, sin embargo, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. En conjunto, el producto tenía una casi buena calidad de aspecto y de lisura.

Ejemplo 66

[0343] Una mezcla de 55 % en peso de resina de PP copolimerizada aleatoriamente (J229E producida por Prime Polymer Co., Ltd., con un punto de fusión de 155°C) y 45 % en peso de resina a base de PP modificada por ácido (Yumex 1010 producida por Sanyo Chemical Industries Ltd., con un valor de acidez de aproximadamente 52, un punto de fusión de 142°C y un peso molecular medio de 30.000) se amasaron por fusión en una extrusora de doble tornillo (TEX-30a2 fabricada por The Japan Steel Works, Ltd.) a 200°C para preparar gránulos, que luego se procesaron bajo una prensa calentada a 200°C para formar una película con un grosor de 34 µm. Posteriormente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 65 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0344] Aunque sufrían ligeras ondulaciones de fibra, las fibras del plástico reforzado con fibra resultante habían fluido hasta el borde. Existía una distribución ligeramente no uniforme de las fibras, lo que provocaba una ligera deformación. En la capa más externa, sin embargo, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. En conjunto, el producto tenía una casi buena calidad de aspecto y lisura.

Ejemplo 67

[0345] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para preparar una película de resina. A continuación, la película de resina preparada se aplicó a ambos lados de una lámina de fibras de vidrio orientadas en una dirección (resistencia a la tracción de 1.500 MPa, módulo de tracción de 74 GPa), seguida de calentamiento y prensado para impregnar la lámina de fibra de vidrio con la resina, lo que dio como resultado un material de base elemental de preimpregnado que tenía un peso de fibra de vidrio por unidad de superficie de 175 g/m², una fracción de volumen de fibra Vf de 55% y un grosor de 0,125 mm. Posteriormente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0346] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. No presentaba deformación. En la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 29 GPa y la resistencia a la tracción era de 430 MPa. En Comparación con los valores del ejemplo 60, el módulo de

tracción era casi el esperado teóricamente, aunque inferior por una diferencia que refleja el rendimiento de las fibras de refuerzo utilizadas. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 3%.

< Comparación en términos de ángulo de incisión oblicuo -- véase la Tabla 14 >

Ejemplo 68

5 Ejemplo 69

Ejemplo 70

Ejemplo 71

Ejemplo 72

Ejemplo 73

10 [0347] Excepto por el uso de diferentes valores para el ángulo oblicuo de las incisiones, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. El ángulo oblicuo utilizado fue de 1° en el Ejemplo 68, 2° en el Ejemplo 69, 5° en el Ejemplo 70, 15° en el Ejemplo 71, 25° en el Ejemplo 72 y 45° en el Ejemplo 73.

15 [0348] Excepto en el Ejemplo 68, los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hacia el borde. En todos los casos, estaban libres de deformación. En la capa más externa, excepto en el ejemplo 73, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o en los que quedaban expuestas las fibras de refuerzo de la capa adyacente. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. En el caso del ejemplo 68, el ángulo oblicuo de las incisiones es pequeño y la distancia entre las incisiones es pequeña, es decir, unos 0,5 mm, lo que dificulta el corte y la laminación.

20 Probablemente porque quedaron fibras sin cortar con una longitud de 100 mm o menos, hubo fibras que sufrieron ondulaciones, aunque las fibras habían fluido hasta el borde. En el ejemplo 73, la capa más externa contenía muchos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Se encontraron algunas marcas de depresión en estas porciones. En cuanto a las características mecánicas, el módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 45 a 47 GPa y de 460 a 660 MPa, respectivamente, excepto en el ejemplo 73. En el Ejemplo 73, el módulo de tracción era de 45 GPa, pero la resistencia a la tracción era de 330 MPa, lo que era significativamente menor que en el Ejemplo 60 y los Ejemplos 68 a 72. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como 3 a 5%, excepto en el Ejemplo 68. En particular, la resistencia a la tracción fue de 600 MPa o más en los Ejemplos 68, 69 y 70 cuando el ángulo de incisión es pequeño. En los Ejemplos 68 y 69, en cambio, el ángulo de incisión era pequeño y la distancia

25 entre las incisiones era pequeña, es decir, de aproximadamente 1 mm, lo que dio lugar a una baja manejabilidad durante el proceso de laminación.

30

< Comparación en términos de tasa de carga -- véase la Tabla 15 >

Ejemplo 74

Ejemplo 75

35 Ejemplo 76

[0349] A excepción de que las muestras de material de base preimpregnado recortadas tenían un tamaño diferente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. El tamaño de la muestra de material de base preimpregnado recortada fue de 212 x 212 mm en el Ejemplo 74, 285 x 285 mm en el Ejemplo 75 y 300 x 300 mm en el Ejemplo 76, respectivamente. La tasa de carga utilizada fue del 50% en el Ejemplo 74, del 90% en el Ejemplo 75 y del 100% en el Ejemplo 76, respectivamente.

40

[0350] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra, y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el Ejemplo 76, sin embargo, la tasa de carga fue del 100%, lo que indica que sustancialmente no hubo flujo de fibras. En el ejemplo 74, la fibra había fluido a lo largo de una gran distancia, y el plástico reforzado con fibra resultante sufría una distribución ligeramente no uniforme de la fibra, lo que provocaba una ligera deformación. Sin embargo, en la capa más externa sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o en los que quedaban expuestas las fibras de refuerzo de la capa adyacente. Por lo tanto, el producto tenía casi una buena calidad de aspecto y lisura.

45

[0351] En los Ejemplos 75 y 76, los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de deformación. En la capa más externa, además, no había huecos incisos ricos en resina que estuvieran libres de fibras de refuerzo o donde

las fibras de refuerzo de la capa adyacente estuvieran expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 46 a 47 GPa y de 510 a 690 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como 3% a 7%.

- 5 [0352] En el Ejemplo 74, en el que la tasa de carga era baja, en particular, el material de base preimpregnado elemental se volvió delgado a medida que se extendía, y por lo tanto, cada capa en el plástico reforzado con fibra resultante era muy delgada. La resistencia a la tracción tenía un valor muy alto de 690 MPa, probablemente debido a la resistencia al desprendimiento entre capas desde los bordes de corte de la fibra.

< Comparación en términos de longitud de segmento de fibra -- véase Tabla 16 >

Ejemplo 77

- 10 Ejemplo 78

Ejemplo 79

- 15 [0353] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60, excepto que se cambiaron los intervalos de incisiones, es decir, la longitud de segmento de fibra L, en el patrón de incisión utilizado en el Ejemplo 60, produciendo un plástico reforzado con fibra. La longitud del segmento de fibra L fue de 10 mm en el Ejemplo 77, 60 mm en el Ejemplo 78 y 100 mm en el Ejemplo 79, respectivamente.

- 20 [0354] Excepto en el Ejemplo 79, los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el Ejemplo 79, el plástico reforzado con fibra resultante sufría ligeras ondulaciones de fibra. Además, las fibras no habían fluido lo suficiente hasta el borde en algunas partes de la superficie que sufrían fricción con el molde. Todos los plásticos reforzados con fibra estaban libres de deformación, y en la capa más externa, además, había sólo unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 46 a 47 GPa y de 510 a 650 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 3 al 6%.

- 25 < Comparación en términos de longitud real del segmento de hendidura -- véase la Tabla 17 >

Ejemplo 80

Ejemplo 81

Ejemplo 82

- 30 [0355] Según un patrón de incisión similar al del Ejemplo 62, un rodillo giratorio producido proporcionando dos o más cuchillas a lo largo de la circunferencia de un cilindro metálico, utilizado en lugar de una máquina de corte automática, se presionó contra un material de base preimpregnado elemental para realizar incisiones rectas discontinuas oblicuas en 10° con respecto a la dirección de orientación de las fibras, alterando así el valor de la longitud de incisión W. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 62 para producir un plástico reforzado con fibra.

- 35 [0356] La longitud del segmento de incisión (longitud proyectada) W_s fue de 17 μm en el Ejemplo 80, 30 μm en el Ejemplo 81 y 170 μm en el Ejemplo 82. La longitud real W de las incisiones fue de 0,1 mm en el Ejemplo 80, de 0,17 mm en el Ejemplo 81 y de 1 mm en el Ejemplo 80.

- 40 [0357] Excepto en el Ejemplo 80, los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra. En el Ejemplo 80, se produjeron perturbaciones locales en el flujo de las fibras y se encontraron ligeras ondulaciones de fibra, probablemente porque había un mayor número de bordes cortados. En todos los plásticos reforzados con fibra resultantes, las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde y no se encontró ninguna ondulación. Además, en la capa más externa sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o en los que quedaban expuestas las fibras de refuerzo de la capa adyacente. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción llegaron a ser de 47 GPa y de 690 a 710 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 4 al 5%, excepto en el ejemplo 80, donde fue un 9% ligeramente alto.

Ejemplo 83

Ejemplo 84

Ejemplo 85

Ejemplo 86

[0358] Excepto que la longitud del segmento de hendidura (longitud proyectada) W_s fue cambiada en el patrón de incisión utilizado en el Ejemplo 62, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 62 para producir un plástico reforzado con fibra. La longitud del segmento de hendidura W_s utilizada fue de 1 mm en el Ejemplo 83, de 1,5 mm en el Ejemplo 84, de 100 mm en el Ejemplo 85 y de 120 mm en el Ejemplo 86. La longitud real de la incisión W fue de 5,8 mm en el Ejemplo 83 y de 8,6 mm en el Ejemplo 84. En los Ejemplos 85 y 86, un extremo de cada incisión en una muestra de material de base preimpregnado que tenía un área de 300 x 300 mm estaba dentro de la cara de la muestra de material de base preimpregnado, pero el otro extremo estaba situado cerca de la periferia. Así, cada incisión era tan larga que era sustancialmente continua.

[0359] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra. Las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde y no se encontró ninguna deformación. En la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 45 a 46 GPa y de 580 a 640 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 3% al 6%. En los Ejemplos 85 y 86, en cambio, las incisiones eran sustancialmente en forma continua y, por lo tanto, las fibras estaban sueltas en el borde, lo que conducía a una mala manejabilidad durante la operación de laminación.

< Comparación en términos de grosor del material de base preimpregnado -- véase la Tabla 18 >

Ejemplo 87

Ejemplo 88

[0360] Para un material de base preimpregnado elemental como el preparado en el Ejemplo 60, el grosor del material de base preimpregnado elemental se modificó ajustando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie y el grosor fueron de 50 g/m² y 0,05 mm en el Ejemplo 87 y de 300 g/m² y 0,3 mm en el Ejemplo 88.

[0361] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaban libres de deformación. En la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 46 a 47 GPa. La resistencia a la tracción fue de 750 MPa en el ejemplo 87, mientras que fue de 370 MPa en el ejemplo 88. En todos los casos, el coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como 4 a 5%. En particular, se comprobó que la resistencia a la tracción mejora a medida que disminuye el grosor del material de base preimpregnado.

< Comparación en términos de fracción de volumen de fibra -- véase la Tabla 19 >

Ejemplo 89

Ejemplo 90

[0362] Para un material de base preimpregnado elemental como el preparado en el Ejemplo 60, la fracción de volumen V_f de las fibras de carbono en el material de base preimpregnado elemental se modificó ajustando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0363] El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie (g/m²) y la fracción de volumen de las fibras de carbono V_f (%) fueron 146 g/m² y 65% en el Ejemplo 89 y 101 g/m² y 45% en el Ejemplo 90, respectivamente.

[0364] En el Ejemplo 89, el plástico reforzado con fibra resultante sufría ligeras ondulaciones de fibra y las fibras no habían fluido suficientemente hacia el borde en algunas porciones de la superficie que sufrían fricción con el molde. En el Ejemplo 90, el plástico reforzado con fibra resultante no presentaba ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Todos los plásticos reforzados con fibra estaban libres de deformación, y en la capa más externa, además, había sólo unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 39 a 52 GPa y de 490 a 630 MPa,

respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción fue de 4 a 8%. Estos resultados mostraron que el módulo de tracción aumentaba con el incremento de la fracción de volumen de las fibras Vf. Sin embargo, se observó que la fluidez disminuía de forma indeseable a medida que la fracción de volumen de fibra Vf se hacía demasiado alta.

5 < Comparación en términos de composición de laminado -- ver Tabla 20 >

Ejemplo 91

Ejemplo 92

10 [0365] En el Ejemplo 91, excepto por el uso de un material de base laminado producido como en el Ejemplo 60 pero con una composición de laminado diferente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. Y, 16 capas de material de base preimpregnado incisas como las preparadas en el Ejemplo 60 se combinaron en un material de base laminado de capas cruzadas [0/ 90]4S. Para su uso en el Ejemplo 92, se prepararon capas de material de base preimpregnado elemental que comprendían únicamente fibras continuas preparadas en el Ejemplo 60 y capas de material de base preimpregnado incisas producidas haciendo incisiones en las capas de material de base preimpregnado elemental y se combinaron para formar un material de base laminado. 15 A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra.

20 [0366] Además, se combinaron 8 capas de material de base preimpregnado elemental sin incisiones que comprendían únicamente fibras continuas y 8 capas de material de base preimpregnado con incisiones, una encima de la otra, para formar un material de base laminado [0 / C90] 4S ("C" refiriéndose al material de base preimpregnado que comprendía sólo fibras continuas) con capas cruzadas alternas.

25 [0367] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En los plásticos reforzados con fibra resultantes, aunque uno de los obtenidos en el Ejemplo 91 sufría una ligera deformación, en la capa más externa, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 63 a 64 GPa y de 680 a 690 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) de la resistencia a la tracción era tan bajo como el 4-5%. Sin embargo, aunque el ensayo de tracción, que se realizó en la dirección 0°, dio muy buenas características mecánicas, no había fibras orientadas en la dirección $\pm 45^\circ$ y, por lo tanto, los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una versatilidad indeseablemente baja.

30 Ejemplo 93

Ejemplo 94

Ejemplo 95

35 [0368] Excepto por el uso de una composición de laminado diferente a la del Ejemplo 60, en el Ejemplo 93 se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. En el Ejemplo 93, 12 capas de material de base preimpregnado incisas como las preparadas en el Ejemplo 60 se combinaron de forma pseudo-isotrópica para formar un material de base laminado [60/ 0/ -60]2S.

40 [0369] En el Ejemplo 94, la película de resina epoxi como la utilizada en el Ejemplo 60 se transfirió a capas de resina y se produjo un material de base laminado insertándolas entre las capas de material de base preimpregnado incisas como las preparadas en el Ejemplo 60. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. El material de base laminado utilizado en el Ejemplo 94 se produjo insertando las capas de resina entre las 16 capas de material de base preimpregnado incisas como se preparó en el Ejemplo 60 de forma pseudo-isotrópica para proporcionar un material de base laminado [45/ R/ 0/ R/ -45/ R/ 90/ R] 2S ("R" denota la capa de resina). La fracción de volumen de fibra final Vf fue del 49%.

45 [0370] En el Ejemplo 95, se prepararon capas de material de base preimpregnado de tejido liso con una fracción de volumen de fibra Vf del 55% y un grosor de capa de 250 μm mediante la impregnación de la resina epoxi utilizada en el Ejemplo 60 y se produjo un material de base laminado añadiéndolas como las capas más externas al material de base preimpregnado inciso preparado en el Ejemplo 60. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. El material de base laminado utilizado en el Ejemplo 95 se produjo apilando las 16 capas de material de base preimpregnado incisas preparadas en el Ejemplo 60 de forma pseudo-isotrópica y añadiendo las capas de material de base preimpregnado de tejido liso con direcciones de orientación de fibra de 0° y 90° sobre las primeras para proporcionar un material de base laminado [WF 0/ 45/ 0/ -45/ 90]2S ("WF" denota material de base preimpregnado de tejido liso). 50

[0371] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes en los Ejemplos 93 y 94 estaban libres de ondulaciones de fibra. Las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. En el plástico reforzado con fibra producido en el Ejemplo 94, en particular, las fibras tenían una fluidez muy alta y se habían extendido de manera extremadamente uniforme. Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de deformación, y en la capa más externa, además, había sólo unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura.

[0372] Su módulo de tracción y su resistencia a la tracción eran tan altos como 47 GPa y 42 GPa, y 580 MPa y 510 MPa, respectivamente, correspondientes a los valores de la fracción de volumen de fibra Vf. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como 6% y 4%, respectivamente.

[0373] En el plástico reforzado con fibra obtenido en el Ejemplo 95, no se observó flujo en las porciones de tejido liso en las capas más externas, pero se produjo suficiente flujo hacia el borde en las porciones entre las de tejido liso. Se observaron algunas ondulaciones de fibra, sobre todo en el borde, y en los bordes de corte de las fibras, había algunos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o en los que quedaban expuestas las fibras de refuerzo de la capa adyacente. Sin embargo, en su conjunto, el producto no presentaba deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción fueron de 54 GPa y 670 MPa, respectivamente. Por lo tanto, la composición híbrida sirvió para conseguir unas características mecánicas elevadas.

Ejemplo 96

[0374] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para preparar una película de resina. A continuación, la película de resina se aplicó a ambos lados de una lámina de fibras de carbono orientadas en una dirección como en el Ejemplo 60, seguido de calentamiento y prensado hasta un grado en el que las fibras de carbono no estaban completamente impregnadas con la resina, proporcionando un material de base preimpregnado semi-impregnado que tiene un peso de fibra de carbono por unidad de área de 125 g/m² y una fracción de volumen de fibra Vf del 55%.

[0375] Se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para realizar incisiones en este material de base preimpregnado semi-impregnado como se muestra en la Fig. 11. Aunque la parte central en la dirección del grosor no se impregnó con la resina, el material de base preimpregnado resultante no presentaba pelusas de fibra causadas por las incisiones y la separación de las fibras y tenía una manejabilidad suficiente como en el Ejemplo 60. A continuación, la laminación y el moldeo se llevaron a cabo como en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0376] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido uniformemente hasta el borde. Además, estaba libre de deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción y la resistencia a la tracción alcanzaron 46 GPa y 550 MPa, respectivamente. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 7%.

< Comparación del material de base preimpregnado de incisión en dos caras -- Tabla 21 >

Ejemplo 97

Ejemplo 98

Ejemplo 99

[0377] En el paso para hacer incisiones en el material de base preimpregnado elemental como en el Ejemplo 60, las incisiones se formaron desde las caras superior e inferior del material de base preimpregnado elemental sin penetrar en la capa. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. Se utilizó un aparato de corte CA18, como se muestra en la Fig. 18, para realizar incisiones en los materiales base preimpregnados elementales. El rodillo giratorio 181 provisto de una cuchilla helicoidal 182 expuesta a lo largo de una longitud predeterminada en la superficie del rodillo se presionó contra la cara superior y posteriormente contra la cara inferior del material de base preimpregnado elemental RP18 para hacer incisiones C18 que no penetraron en el material de base preimpregnado elemental RP18.

[0378] Aquí, el grosor del material de base preimpregnado de incisión de dos caras producido, la profundidad de corte de las incisiones realizadas desde la cara superior del material de base preimpregnado de incisión de dos caras y la profundidad de corte de las incisiones realizadas desde la cara inferior se denominan H, U y D, respectivamente.

[0379] En el Ejemplo 97, la profundidad de corte U es de 35 µm y este valor es igual a 0,28H. La profundidad de corte D es de 100 µm y este valor es igual a 0,8H.

[0380] En el Ejemplo 98, la profundidad de corte U es de 55 μm y este valor es igual a 0,44H. La profundidad de corte D es de 75 μm y este valor es igual a 0,6H.

[0381] En el Ejemplo 99, las profundidades de corte U y D son de 67 μm y este valor es igual a 0,54H.

5 [0382] En el material de base preimpregnado inciso, las incisiones en la cara superior y las incisiones en la cara inferior estaban en un ángulo oblicuo de 10° y -10° . En el material de base preimpregnado inciso, todas las fibras fueron cortadas por las incisiones superiores o las incisiones inferiores y tenían una longitud de segmento de fibra L de 30 mm o menos.

10 [0383] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Los plásticos reforzados con fibra resultantes, aunque uno de ellos obtenido en el Ejemplo 99 sufría una ligera deformación, en la capa más externa, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Así, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 45 a 46 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente. La resistencia a la tracción era de 650 a 750 MPa, que es suficientemente alta en Comparación con los valores del ejemplo 60. En particular, se observó que la resistencia a la tracción aumentaba con una diferencia decreciente entre el número de incisiones en la cara superior y el de la cara inferior. Es probable que esto se atribuya al hecho de que el grosor del borde de corte de la fibra se minimiza cuando el número de incisiones en la cara superior es igual al de la cara inferior.

Ejemplo 100

20 [0384] El material de base preimpregnado elemental producido en el Ejemplo 60 se utilizó para preparar un material de base preimpregnado de incisión en las dos caras en el que las incisiones de la cara superior y las de la cara inferior estaban a 10° y -10° , respectivamente, de la dirección de la fibra. Dos de estos materiales de base preimpregnados como los preparados anteriormente se combinaron para formar un material de base laminado de dos capas. Se produjo un material de base laminado como el del Ejemplo 60 utilizando el material de base laminado de dos capas resultante como una capa de material de base preimpregnado. El material de base laminado así producido se moldeó para proporcionar un plástico reforzado con fibra. Si el material de base laminado de dos capas se considera como una capa de material de base preimpregnado, tanto la profundidad de corte U de las incisiones en la cara superior (la profundidad denotada por Hs en la Fig. 21) como la profundidad de corte D de las incisiones en la cara inferior (la profundidad denotada por Hs en la Fig. 21) son de 125 μm , que es igual a 0,5H.

30 [0385] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra, y en la capa más externa, además, había sólo unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, el plástico reforzado con fibra resultante tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 47 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente. La resistencia a la tracción fue de 690 MPa, que es suficientemente alta en Comparación con los valores del Ejemplo 60 y de los Ejemplos 97 a 99, a pesar de que el grosor por capa era el doble. El coeficiente de variación (valor CV) en la resistencia a la tracción fue tan bajo como el 4%. Es probable que el logro de una alta resistencia se atribuya al hecho de que las fibras de esta estructura se encuentran en un ángulo tal con respecto a las incisiones adyacentes como para evitar la apertura de las mismas.

< Comparación del material de base preimpregnado con incisiones inclinadas - véase la tabla 22

Ejemplo 101

40 Ejemplo 102

Ejemplo 103

Ejemplo 104

Ejemplo 105

45 [0386] Se formaron incisiones en un material de base preimpregnado elemental como el producido en el Ejemplo 60, y se aplicó una fuerza de cizallamiento al material de base preimpregnado inciso resultante en su dirección de grosor para inclinar las incisiones desde la dirección del grosor. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. Se formaron incisiones verticales que penetraban en el material de base preimpregnado elemental como en el Ejemplo 60, y se permitió que el material de base preimpregnado inciso resultante pasara a través de un rodillo de presión que comprendía un rodillo giratorio superior y un rodillo giratorio inferior que tenían diferentes velocidades de rotación para que el rodillo giratorio superior y el rodillo giratorio inferior se aplicaran respectivamente a la cara superior e inferior del material de base preimpregnado.

El material de base preimpregnado se calentó y se ablandó a una temperatura de 60°C mientras se introducía en el rodillo de presión. Se aplicó una fuerza de cizallamiento al material de base preimpregnado mediante el rodillo de presión y, como resultado, los planos de corte en los segmentos de fibra de refuerzo, que estaban originalmente en la dirección del grosor del material de base preimpregnado, se inclinaron desde la dirección del grosor.

- 5 [0387] La distancia de cizallamiento S se define como la distancia 223 medida en la dirección de la fibra entre la línea de corte en las fibras de refuerzo en la cara superior y la de la cara inferior del material de base preimpregnado de incisión inclinada P22 (véase la Fig. 22). En el material de base preimpregnado de incisión inclinada P22 se recorta una muestra con un área de 250 x 250 mm y se mide la distancia de cizallamiento S para 5 incisiones. Su media se sustituye en la Fórmula I para calcular el ángulo 222 de las incisiones, es decir, el ángulo de inclinación θ_a .
- 10 [0388] La distancia de cizallamiento S fue de 12,5 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 0,6° en el ejemplo 101. La distancia de cizallamiento S fue de 6,25 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 1,1° en el Ejemplo 102. La distancia de cizallamiento S fue de 1 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 7,1° en el ejemplo 103. La distancia de cizallamiento S fue de 0,5 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 1,4° en el ejemplo 104. La distancia de cizallamiento S fue de 0,25 mm y el ángulo de inclinación θ_a fue de 27° en el Ejemplo 105.
- 15 [0389] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra. Los plásticos reforzados con fibra resultantes, aunque uno producido en el Ejemplo 101 sufrió una ligera deformación, en la capa más externa, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Así, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango de 46 a 47 GPa, más o menos como se esperaba teóricamente. La resistencia a la tracción fue de 580 MPa en el Ejemplo 101, 620 MPa en el Ejemplo 20 102, 620 MPa en el Ejemplo 103, 610 MPa en el Ejemplo 104 y 590 MPa en el Ejemplo 105, que son aproximadamente iguales o superiores a los valores del Ejemplo 60. En el Ejemplo 101, en el que el ángulo de inclinación θ_a de los bordes de corte de la fibra era inferior a 1°, sin embargo, la distancia de cizallamiento S era muy grande y la variación de la distancia de cizallamiento S entre diferentes incisiones también era grande, lo que indica que la estabilidad del proceso de moldeo era baja.
- 25

< Comparación en términos de área de resina adicional -- véase la Tabla 23 >

Ejemplo 106

- 30 [0390] Se preparó una tela no tejida para formar una capa de resina adicional como sigue. Es decir, se procesaron gránulos de una resina de poliamida copolimerizada (Amilan (marca registrada) CM4000 producida por Toray Industries, Inc., un copolímero de poliamida 6/ 66/ 610 que tiene un punto de fusión de 155°C) mediante soplado en fusión para producir una tela no tejida que tiene un peso de resina por unidad de área de 30 g/m². La resina de poliamida era sólida en una atmósfera de 25°C, y era imposible medir su viscosidad. El material de base de tela no tejida resultante no era pegajoso. El material de base de tela no tejida resultante se cortó para conseguir una cinta con una anchura de 0,2 mm. El material de base de tela no tejida en forma de cinta se aplicó sobre ambas caras de un material de base preimpregnado inciso preparado como en el Ejemplo 60 para cubrir todas las incisiones continuas de tal manera que las incisiones llegaran al centro de las cintas, cubriendo una anchura de 60,1 mm desde cada incisión medida en la dirección de la fibra. La pegajosidad de la resina epoxi realizada sirvió para permitir que el material de base de tela no tejida se adhiriera al material de base preimpregnado por simple prensado.
- 35
- 40 [0391] Así, el material de base preimpregnado compuesto resultante (material de base preimpregnado con capa de resina) tenía una fracción de volumen de fibra global V_f del 53%. Dichas capas de material de base preimpregnado compuesto se combinaron para producir un material de base laminado, y el material de base laminado resultante se moldeó para proporcionar un plástico reforzado con fibra.
- 45 [0392] Este material de base de incisión compuesto de una capa se colocó en un horno y, sin aplicar una presión, se curó a una temperatura de 130°C durante un tiempo de procesamiento de 2 horas, seguido de un corte para observar la sección transversal. En el material, las porciones libres de la capa de resina adicional tenían un grosor medio de 125 μ m, mientras que las que tenían la capa de resina adicional en ambos lados tenían un grosor medio de 175 μ m, aunque el grosor de la capa no era uniforme debido al uso de la tela no tejida como material para la capa de resina adicional.
- 50 [0393] Una porción que tenía la capa de resina adicional en ambos lados fue cortada en la dirección vertical a las fibras, y la sección fue observada con un microscopio óptico. Se demostró que la capa de resina adicional existía alrededor de las fibras de refuerzo a una profundidad de unos 10 μ m desde la superficie de la capa del material de base preimpregnado. En Comparación con la totalidad del material de base preimpregnado, la capa de resina adicional representaba sólo el 10% o menos del área de la sección transversal. Sustancialmente, la capa de resina adicional no

entraba en la capa de material de base preimpregnado y el grosor medio de la capa de resina adicional era de unos 25 µm.

[0394] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra, y en la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, el plástico reforzado con fibra resultante tenía una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción era de 45 GPa y la resistencia a la tracción era de 580 MPa, que están al mismo nivel que en el Ejemplo 60. Es probable que la cinta de tela no tejida utilizada como resina adicional fuera demasiado estrecha para cubrir completamente todas las incisiones.

Ejemplo 107

Ejemplo 108

[0395] Excepto por el uso de un tamaño diferente del material de base de tela no tejida para formar la capa de resina adicional, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 106 para producir un plástico reforzado con fibra. El material de base de tela no tejida tipo cinta tenía una anchura de 3 mm en el Ejemplo 107 y de 20 mm en el Ejemplo 108. La cinta de tela no tejida se aplicó sobre el material de base preimpregnado para cubrir las incisiones de tal manera que éstas llegaran al centro de la anchura de las cintas. La distancia desde las incisiones hasta el borde de la cinta de tela no tejida, medida en la dirección de orientación de las fibras, fue de 61,5 mm en el Ejemplo 107 y de ±10 mm en el Ejemplo 108. Se comprobó que la resina adicional aplicada formaba una capa como en el Ejemplo 106 y no entraba en la capa de material de base preimpregnado. La capa de resina adicional tenía un grosor medio de unos 25 µm.

[0396] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra, y en la capa más externa, además, había sólo unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, todos los plásticos reforzados con fibra resultantes tenían una buena calidad de aspecto y lisura. El módulo de tracción estaba en el rango ligeramente bajo de 37 a 44 GPa, pero la resistencia a la tracción era de 590 a 680 MPa, que son superiores a los del Ejemplo 60. En el Ejemplo 108, el módulo de tracción y la resistencia a la tracción tendían a disminuir ligeramente con el aumento del área cubierta por la resina adicional.

Ejemplo 109

[0397] Se preparó un material de base de tela no tejida para formar una capa de resina adicional como en el Ejemplo 106, y se aplicó sobre la totalidad de ambas caras del material de base preimpregnado producido en el Ejemplo 60. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. Se comprobó que la resina adicional aplicada formaba una capa como en el Ejemplo 106 y no entraba en la capa de material de base preimpregnado. La capa de resina adicional tenía un grosor medio de unos 25 µm.

[0398] El plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibra, y en la capa más externa, además, sólo había unos pocos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas. Por lo tanto, el plástico reforzado con fibra resultante tenía una buena calidad de aspecto y lisura. La resistencia a la tracción fue de 590 MPa, al mismo nivel que en el Ejemplo 60. El módulo de tracción disminuyó en gran medida a 34 GPa como resultado de la disminución de la fracción de volumen de fibra Vf. Sin embargo, la resina adicional que tiene un alto alargamiento a la tracción se aplicó en todas las caras internas, y esto sirvió para mejorar la durabilidad contra las cargas fuera del plano.

< Comparación en términos de composición de laminado - véase la Tabla 20

Ejemplo de referencia 3

Ejemplo de referencia 4

[0399] A excepción del uso de un material de base laminado como el preparado en el ejemplo 60 pero con una composición de laminado diferente, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. Para su uso en el ejemplo de referencia 3, se combinaron 8 capas de material de base preimpregnado incisas, como las preparadas en el ejemplo 60, en la misma dirección para producir un material de base laminado [0]8. Para el ejemplo de referencia 4, se combinaron 16 capas de material de base preimpregnado incisas, preparadas de la misma manera que la del ejemplo 60, para producir un material de base laminado [0/ 45]4S.

[0400] En el plástico reforzado con fibra producido en el ejemplo de referencia 3, se encontró que las fibras habían fluido sólo en la dirección de 90° mientras que sustancialmente no había flujo en la dirección de 0° aunque las fibras sobresalían como cirros en algunas porciones. Los huecos en la cavidad en la dirección de 0° contenían resina que

había sido exprimida y el plástico reforzado con fibra resultante tenía también una mala calidad de aspecto. En el plástico reforzado con fibra resultante en el ejemplo de referencia 4, las fibras habían fluido por toda la cavidad, pero el flujo de las fibras era anisotrópico como en el caso de la composición de laminado, lo que daba lugar a grandes ondulaciones de fibra. Además, el plástico reforzado con fibra resultante sufría una gran deformación. En todos los plásticos reforzados con fibra resultantes, la capa más externa contenía algunos huecos incisos ricos en resina que estaban libres de fibras de refuerzo o donde las fibras de refuerzo de la capa adyacente estaban expuestas.

[0401] A continuación se describen ejemplos comparativos.

< Comparación en términos de longitud de segmento de fibra -- véase Tabla 16 >

Ejemplo comparativo 10

Ejemplo comparativo 11

[0402] Excepto por el uso de un patrón de incisión como el utilizado en el Ejemplo 60 pero con un intervalo de incisión diferente L (la longitud del segmento de fibra), se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. La longitud del segmento de fibra L fue de 7,5 mm en el ejemplo comparativo 10, y de 120 mm en el ejemplo comparativo 11.

[0403] En el ejemplo comparativo 10, el plástico reforzado con fibra resultante estaba libre de ondulaciones de fibras y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaba libre de deformación y, por lo tanto, tenía una buena calidad de aspecto y lisura. Sin embargo, la resistencia a la tracción era de 4400 MPa, que es inferior en Comparación con el ejemplo 60 y los ejemplos 77 a 79. En el plástico reforzado con fibra resultante del ejemplo comparativo 11, las fibras no habían fluido por toda la cara de la cavidad del molde, dejando porciones ricas en resina en el borde. El plástico reforzado con fibra resultante también sufría ondulaciones y deformaciones de las fibras.

< Comparación en términos de grosor del material de base preimpregnado -- véase la Tabla 18 >

Ejemplo comparativo 12

Ejemplo comparativo 13

[0404] Para un material de base preimpregnado como el preparado en el ejemplo 60, el grosor del material de base preimpregnado elemental se modificó ajustando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra.

[0405] El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie (g/m²) y el grosor (mm) fueron 25 g/m² y 0,025 mm en el ejemplo comparativo 12 y 400 g/m² y 0,4 mm en el ejemplo comparativo 13.

[0406] Todos los plásticos reforzados con fibra resultantes estaban libres de ondulaciones de fibra y las fibras habían fluido suficientemente hasta el borde. Estaban libres de deformación y, por lo tanto, tenían una buena calidad de aspecto y lisura. Sin embargo, en el ejemplo comparativo 12, el material de base preimpregnado era muy fino, por lo que el coste de producción del plástico reforzado con fibra era muy elevado. Y se encontró que en el ejemplo comparativo 13, el plástico reforzado con fibra resultante tenía una resistencia a la tracción significativamente baja de 320 MPa en Comparación con el ejemplo 60 y los ejemplos 87 y 88.

< Comparación en términos de fracción de volumen de fibra -- véase la Tabla 19 >

Ejemplo comparativo 14

Ejemplo comparativo 15

[0407] Para un material de base preimpregnado elemental como el preparado en el Ejemplo 60, la fracción de volumen de fibra de carbono Vf se modificó ajustando el peso de las fibras de carbono por unidad de superficie. A excepción de esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el Ejemplo 60 para producir un plástico reforzado con fibra. El peso de las fibras de carbono por unidad de superficie (g/m²) y la fracción de volumen de fibra Vf (%) fueron 158 g/m² y 70% en el ejemplo comparativo 14, y 90 g/m² y 40% en el ejemplo comparativo 15, respectivamente.

[0408] El plástico reforzado con fibra resultante en el ejemplo comparativo 14 sufría ondulaciones de fibra y las fibras no habían fluido hasta el borde en algunas porciones de la superficie que sufrían fricción con el molde. La resina estaba ausente en algunas porciones de la superficie, y el plástico tenía una calidad de aspecto pobre, así como una deformación significativa. El plástico reforzado con fibra resultante en el ejemplo comparativo 15 no presentaba deformación y tenía una buena calidad de aspecto y lisura. Sin embargo, el módulo de tracción y la resistencia a la

tracción eran de 36 GPa y 440 MPa, respectivamente, que son significativamente inferiores a los valores obtenidos en el ejemplo 60 y los ejemplos 89 y 90.

Tabla 1

Nivel		Material de base				Material de base laminado
		Fibra de refuerzo	Resina Matriz	Tipo de material base	Vf (%)	Estructura laminada
Ejemplo	1	CF	Resina Epoxi	Material de base preimpregnado de incisiones controladas	55	[45/0-45/90]2s
Ejemplo comparativo	1			Material de base preimpregnado de fibras continuas	55	[45/0-45/90]2s
	2			30 mm tiras cortadas SMC	55	Aleatorio
	3		Poliéster no saturado	30 mm tiras cortadas SMC	40	Aleatorio
	4	GF		30 mm tiras cortadas SMC	40	Aleatorio

Tabla 1 (continuación)

Nivel		FRP	Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Longitud de fibra (mm)	Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensa do (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	1	30	70	30	○	○	43	430	4
Ejemplo comparativo	1	Continua	70	30	x	x	-	-	-
	2	30	70	30	○	△	33	220	12
	3	30	70	10	○	△	30	160	16
	4	30	70	10	○	△	15	180	14

Tabla 2

Nivel		Material de base preimpregnado						
		Fibra de refuerzo	Resina Matriz	Acelerador de reacción	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (µm)	Vf (%)
Ejemplo	1	CF	Resina Epoxi	3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea	30	5,1	125	55
	2			2,4-tolueno bia (dimetilurea)	30	5,1	125	55
	3			4,4-metileno bis (fenil dimetilurea)	30	5,1	125	55
	4		Poliamida	-	30	5,1	125	55
	5		PP modificado	-	30	5,1	125	55
	6	GF	Resina Epoxi	3-(3,4-	30	5,1	125	55

Tabla 2 (continuación)

Nivel		Material de base laminado			FRP		
		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra(mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	2	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	3	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	4	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	5	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	6	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87

Tabla 2 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de Tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	1	70	30	○	○	43	430	4
	2	70	3	○	○	44	430	5
	3	70	3	○	○	44	430	5
	4	70	-	△	△	-	-	-
	5	70	-	△	△	-	-	-
	6	70	30	○	○	27	340	2

Tabla 3

Nivel		Material de base preimpregnado			
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo	7	30	5,1	125	55
	1	30	5,1	125	55
	8	30	5,1	125	55
	9	30	5,1	125	55

Tabla 3 (continuación)

Nivel		Material de base laminado			FRP		
		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo	7	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	7,2	62
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	8	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	5,7	100

	9	[45/0/- 45/90]2s	15	5	30	5,7	125
--	---	---------------------	----	---	----	-----	-----

Tabla 3 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	7	50	30	○		43	510	6
	1	70	30	○	○	43	430	4
	8	80	30	○	○	44	400	4
	9	100	30	-	○	44	360	3

Tabla 4

Nivel		Material de base preimpregnado			
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo comparativo	5	7,5	5,1	125	55
Ejemplo	10	15	5,1	125	55
	1	30	5,1	125	55
	11	45	5,1	125	55
	12	60	5,1	125	55
	13	90	5,1	125	55
Ejemplo comparativo	6	120	5,1	125	55

Tabla 4 (continuación)

	Material de base laminado	FRP
--	---------------------------	-----

Nivel		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo comparativo	5	[45/0/-45/90]2s	3,75	5	7,5	6,1	87
Ejemplo	10	[45/0/-45/90]2s	7,5	5	15	6,1	87
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	11	[45/0/-45/90]2s	22.5	5	45	6,1	87
	12	[45/0/-45/90]2s	30	5	60	6,1	87
	13	[45/0/-45/90]2s	45	5	90	6,1	87
Ejemplo comparativo	6	[45/0/-45/90]2s	60	5	120	6,1	87

Tabla 4 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo comparativo	5	70	30	○	○	43	320	5
Ejemplo	10	70	30	○	○	43	390	4
	1	70	30	○	○	43	430	4
	11	70	30	○	○	43	420	5
	12	70	30	○	○	43	520	6
	13	70	30	△	○	43	490	8
Ejemplo comparativo	6	70	30	x	△	-	-	-

Tabla 5

Nivel		Material de base preimpregnado			
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (µm)	Vf (%)
Ejemplo	14	30	15,1	125	55
	15	30	10,1	125	55
	1	30	5,1	125	55
	16	30	2,6	125	55
	17	30	1,35	125	55
	18	30	0,725	125	55
	19	30	0,412	125	55
	20	30	0,05	125	55
	21	30	0,025	125	55

Tabla 5 (continuación)

Nivel		Material de base laminado			FRP		
		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo	14	[45/0/-45/90]2s	15	15	30	18,0	87
	15	[45/0/-45/90]2s	15	10	30	12,1	87
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	16	[45/0/-45/90]2s	15	2,5	30	3,1	87
	17	[45/0/-45/90]2s	15	1,25	30	1,6	87
	18	[45/0/-45/90]2s	15	0,625	30	0,9	87
	19	[45/0/-45/90]2s	15	0,312	30	0,5	87
	20	[45/0/-45/90]2s	15	0,03	30	0,1	87
	21	[45/0/-45/90]2s	15	0,02	30	-	87

Tabla 5 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	14	70	30	○	○	44	400	3
	15	70	30	○	○	43	410	4
	1	70	30	○	○	43	430	4
	16	70	30	○	○	43	460	4
	17	70	30	○	○	43	520	3
	18	70	30	○	○	44	560	4
	19	70	30	○	○	44	620	3
	20	70	30	○	○	45	660	6
	21	70	30	△	○	45	640	10

Tabla 6

Nivel		Material de base preimpregnado			
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo comparativo	7	30	5,1	25	55
Ejemplo	22	30	5,1	50	55
	23	30	5,1	100	55
	1	30	5,1	125	55
	24	30	5,1	150	55
	25	30	5,1	200	55
	26	30	5,1	300	55

Tabla 6 (continuación)

	Material de base laminado	FRP
--	---------------------------	-----

Nivel		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo comparativo	7	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	17
Ejemplo	22	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	35
	23	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	70
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	24	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	105
	25	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	140
	26	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	210

Tabla 6 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo comparativo	7	70	30	○	○	45	600	10
Ejemplo	22	70	30	○	○	44	550	5
	23	70	30	○	○	43	480	3
	1	70	30	○	○	43	430	4
	24	70	30	○	○	43	400	4
	25	70	30	○	○	43	330	2
	26	70	30	○	○	43	270	5

Tabla 7

Nivel		Material de base preimpregnado			
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo comparativo	8	30	5,1	125	70
Ejemplo	27	30	5,1	125	65
	28	30	5,1	125	60
	1	30	5,1	125	55
	29	30	5,1	125	50
	30	30	5,1	125	45
Ejemplo comparativo	9	30	5,1	125	40

Tabla 7 (continuación)

Nivel		Material de base laminado			FRP		
		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo comparativo	8	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
Ejemplo	27	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	28	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	29	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	30	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
Ejemplo comparativo	9	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87

Tabla 7 (continuación)

	Moldeabilidad	Propiedades Mecánicas
--	---------------	-----------------------

Nivel		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo comparativo	8	70	30	x		-	-	-
Ejemplo	27	70	30		○	49	460	8
	28	70	30	○	○	46	440	4
	1	70	30	○	○	43	430	4
	29	70	30	○	○	40	400	4
	30	70	30	○	○	36	360	3
Ejemplo comparativo	9	70	30	○	○	33	320	7

Tabla 8

Nivel		Material base preimpregnado				
		Impregnación de resina	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo de referencia	1	Completa	30	5,1	125	55
	2		30	5,1	125	55
Ejemplo	31		30	5,1	125	55
	32		30	5,1	125	55
	33		30	5,1	125	55
	1		30	5,1	125	55
	34		30	5,1	125	49
	35		30	5,1	125	55
	36	Semi	30	5,1	125	55

Tabla 8 (continuación)

Nivel		Material de base laminado			FRP		
		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (μm)
	1	[0]8	15	5	30	7,3	87

Ejemplo de referencia	2	[0/45]4s	15	5	30	6,1	87
Ejemplo	31	[0/90]4s	15	5	30	6,1	87
	32	[0/C90]4s	15	5	30	7,3	87
	33	[60/0/-60]2s	15	5	30	6,1	87
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	34	[45/R/0/R/-45/R/90/R]2s	15	5	30	6,1	87
	35	[WF0/45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	-
	36	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6.1	87

Tabla 8 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo de referencia	1	70	30	x	X	-	-	-
	2	70	30		x	-	-	-
Ejemplo	31	70	30	○		59	500	2
	32	70	30	○	○	60	510	3
	33	70	30	○	○	44	420	5
	1	70	30	○	○	43	430	3
	34	70	30	○	○	39	370	3
	35	70	30		○	52	490	6
	36	70	30	○	○	43	440	5

Tabla 9

Nivel		Material de base preimpregnado					
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)	Profundidad de corte U (μm)	Profundidad de corte D (μm)

Ejemplo	1	30	5,1	125	55	125	-
	37	30	5,1	125	55	35	100
	38	30	5,1	125	55	55	75
	39	30	5,1	125	55	67	67
	9	30	5,1	125	55	125	-
	40	30	5,1	125	55	35	100
	41	30	5,1	125	55	55	75
	42	30	5,1	125	55	67	67

Tabla 9 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP		
		Estructura laminada	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo	1	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	37	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	38	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	39	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	9	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	40	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	41	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	42	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125

Tabla 9 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	1	70	30	○	○	43	430	4
	37	70	30	○	△	43	480	3
	38	70	30	○	○	44	540	4
	39	70	30	○	○	44	580	2
	9	100	30	-	○	44	360	3
	40	100	30	-	△	43	400	5

	41	100	30	-	○	44	460	2
	42	100	30	-	○	44	490	4

Tabla 10

Nivel		Material de base preimpregnado					
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)	Distancia de corte (mm)	Ángulo oblicuo de la incisión Θ_a (°)
Ejemplo	43	30	5,1	125	55	12,5	0,6
	44	30	5,1	125	55	5,25	1,1
	45	30	5,1	125	55	1	7,1
	46	30	5,1	125	55	0,5	14
	47	30	5,1	125	55	0,25	27
	1	30	5,1	125	55	0	90
	48	30	5,1	125	55	12,5	0,6
	49	30	5,1	125	55	6,25	1,1
	50	30	5,1	125	55	1	7,1
	51	30	5,1	125	55	0,5	14
	52	30	5,1	125	55	0,25	27
	9	30	5,1	125	55	0	90

Tabla 10 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP		
		Estructura laminada	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo	43	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	44	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	45	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	46	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	47	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	1	[45/0/-45/90]2s	30	6,1	87
	48	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	49	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	50	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125

	51	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	52	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125
	9	[45/0/-45/90]2s	30	5,1	125

Tabla 10 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	43	70	30	○	△	44	420	8
	44	70	30	○	○	45	460	3
	45	70	30	○	○	44	450	3
	46	70	30	○	○	44	440	2
	47	70	30	○	○	43	430	4
	1	70	30	○	○	43	430	4
	48	100	30	-	△	47	480	7
	49	100	30	-	○	47	460	3
	50	100	30	-	○	46	420	5
	51	100	30	-	○	45	380	7
	52	100	30	-	○	45	350	3
	9	100	30	-	○	44	360	3

Tabla 11

Nivel		Material de base preimpregnado					
		Longitud de fibra L (mm)	Longitud de incisión W (mm)	Ángulo de incisión (°)	Ancho de incisión Wa (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo	53	30	5,1	30	2,55	125	55
	54	30	5,1	45	3,61	125	55
	1	30	5,1	90	5,10	125	55
	55	30	1,35	30	0,68	125	55
	56	30	1,35	45	0,95	125	55
	17	30	1,35	90	1,35	125	55

	57	30	1,35	30	0,68	200	55
	58	30	1,35	45	0,95	200	55
	59	30	1,35	90	1,35	200	55

Tabla 11 (continuación)

Nivel		Material de base laminado			FRP		
		Estructura laminada	Cambio a la dirección de longitud de la fibra (mm)	Cambio a perpendicular a la dirección de fibra (mm)	Longitud de fibra (mm)	Longitud de incisión (mm)	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo	53	[45/0/-45/90]2s	15	2,5	30	6,1	87
	54	[45/0/-45/90]2s	15	3,5	30	6,1	87
	1	[45/0/-45/90]2s	15	5	30	6,1	87
	55	[45/0/-45/90]2s	15	0,6	30	1,6	87
	56	[45/0/-45/90]2s	15	0,9	30	1,6	87
	17	[45/0/-45/90]2s	15	1,3	30	1,6	87
	57	[45/0/-45/90]2s	15	0,6	30	1,6	140
	58	[45/0/-45/90]2s	15	0,9	30	1,6	140
	59	[45/0/-45/90]2s	15	1,3	30	1,6	140

Tabla 11 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción ((MPa)	CV (%)
Ejemplo	53	70	30	○	○	44	470	2
	54	70	30	○	○	43	410	4
	1	70	30	○	○	43	430	4
	55	70	30	○	○	45	670	5

	56	70	30	○	○	44	580	4
	17	70	30	○	○	43	520	3
	57	70	30	○	○	44	600	6
	58	70	30	○	○	43	520	3
	59	70	30	○	○	43	440	4

Tabla 12

Nivel		Material de base				Material de base laminado	FRP
		Fibra de refuerzo	Resina matriz	Tipo de material base	Vf (%)	Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras
Ejemplo	60	CF	Resina Epoxi	Material de base preimpregnado con incisiones controladas (ángulo de corte continuo 10°)	55	[45/0/-45/90]2s	Ninguna
	61			Material de base preimpregnado con incisiones controladas (ángulos de corte discontinuo 10° y -10°)	55	[45/0/-45/90]2s	Ninguna
	62			Material de base preimpregnado con incisiones controladas (ángulo de corte discontinuo 10°)	55	[45/0/-45/90]2s	Ninguna

Tabla 12 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	60	70	30	○	○	46	590	5
	61	70	30	○	○	46	550	4
	62	70	30	○	○	46	580	5

Tabla 13

Nivel		Material de base preimpregnado		
		Fibra de refuerzo	Resina matriz	Acelerador de reacción
Ejemplo	60	CF	Resina epoxi	3-(3,4-diclorofenilo)-1,1-dimetilurea
	63			2,4-tolueno bis (dimetilurea)
	64			4,4-metileno bis (fenilo dimetilurea)
	65		Poliamida	-
	66		PP modificado	-
	67	GF	Resina epoxi	3-(3,4-diclorofenilo)-1,1-dimetilurea

Tabla 13 (continuación)

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Angulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura proyectada Ws (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo	60	10	30	Ancho de Base	125	55
	63	10	30	Ancho de Base	125	55
	64	10	30	Ancho de Base	125	55
	65	10	30	Ancho de Base	125	55
	66	10	30	Ancho de Base	125	55
	67	10	30	Ancho de Base	125	55

Tabla 13 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)

Ejemplo	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	63	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	64	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	65	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	66	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	67	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87

Tabla 13 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	60	70	30	○	○	46	590	5
	63	70	3	○	○	47	580	4
	64	70	3	○	○	47	580	5
	65	70	-	△	△	-	-	-
	66	70	-	△	△	-	-	-
	67	70	30	○	○	29	430	3

Tabla 14

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura proyectada W_s (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo	68	1	30	Ancho de base	125	55
	69	2	30	Ancho de base	125	55
	70	5	30	Ancho de base	125	55
	60	10	30	Ancho de base	125	55
	71	15	30	Ancho de base	125	55
	72	25	30	Ancho de base	125	55

	73	45	30	Ancho de base	125	55
--	----	----	----	---------------	-----	----

Tabla 14 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo	68	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	69	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	70	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	71	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	72	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	73	[45/0/-45/90]2s	Existente	87

Tabla 14 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	68	70	30		○	45	650	10
	69	70	30	○	○	47	660	5
	70	70	30	○	○	47	640	6
	60	70	30	○	○	46	590	5
	71	70	30	○	○	46	550	3
	72	70	30	○	○	46	460	4
	73	70	30	○	○	45	330	4

Tabla 15

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura proyectada Ws (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo	74	10	30	Ancho de Base	125	55
	60	10	30	Ancho de Base	125	55
	75	10	30	Ancho de Base	125	55
	76	10	30	Ancho de Base	125	55

Tabla 15 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo	74	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	62
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	75	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	112
	76	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	125

Tabla 15 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	74	50	30	○		46	690	7
	60	70	30	○	○	46	590	5
	75	90	30	○	○	47	520	3
	76	100	30	-	○	47	510	3

Tabla 16

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura proyectada Ws (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo comparativo	10	10	7.5	Ancho de base	125	55
Ejemplo	77	10	10	Ancho de base	125	55
	60	10	30	Ancho de base	125	55
	78	10	60	Ancho de base	125	55
	79	10	100	Ancho de base	125	55
Ejemplo comparativo	11	10	120	Ancho de base	125	55

Tabla 16 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo comparativo	10	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
Ejemplo	77	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	78	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	79	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
Ejemplo comparativo	11	[45/0/-45/90]2s	Existente	87

Tabla 16 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo comparativo	10	70	30	○	○	44	440	5

Ejemplo	77	70	30	○	○	46	510	4
	60	70	30	○	○	46	590	5
	78	70	30	○	○	47	640	3
	79	70	30	△	○	47	650	6
Ejemplo comparativo	11	70	30	x	△	-	-	-

Tabla 17

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura Proyectada W_s (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo	60	10	30	Ancho de base	125	55
	61	10,-10	30	10	125	55
	80	10	30	0,017	125	55
	81	10	30	0,03	125	55
	82	10	30	0,17	125	55
	83	10	30	1	125	55
	84	10	30	1,5	125	55
	62	10	30	10	125	55
	85	10	30	100	125	55
	86	10	30	120	125	55

Tabla 17 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	61	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	80	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	81	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	82	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87

	83	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	84	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	62	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	85	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	86	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87

Tabla 17 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	60	70	30	○	○	46	590	5
	61	70	30	○	○	46	550	4
	80	70	30	△	○	47	710	9
	81	70	30	○	○	47	730	5
	82	70	30	○	○	47	690	4
	83	70	30	○	○	47	640	6
	84	70	30	○	○	46	610	4
	62	70	30	○	○	46	580	5
	85	70	30	○	○	46	580	4
	86	70	30	○	○	45	580	3

Tabla 18

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura proyectada W_s (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo comparativo	12	10	30	Ancho de base	25	55
Ejemplo	87	10	30	Ancho de base	50	55
	60	10	30	Ancho de base	125	55
	88	10	30	Ancho de base	300	55

Ejemplo comparativo	13	10	30	Ancho de base	400	55
---------------------	----	----	----	---------------	-----	----

Tabla 18 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo comparativo	12	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	17
Ejemplo	87	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	35
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	88	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	210
Ejemplo comparativo	13	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	280

Tabla 18 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo comparativo	12	70	30	○	○	48	790	10
Ejemplo	87	70	30	○	○	47	750	5
	60	70	30	○	○	46	590	5
	88	70	30	○	○	46	370	4
Ejemplo comparativo	13	70	30	○	○	45	320	5

Tabla 19

Nivel		Material de base preimpregnado				
		Ángulo de incisión Θb (°)	Longitud de fibra L (mm)	Longitud de hendidura proyectada Ws (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)

Ejemplo comparativo	14	10	30	Ancho de base	125	70
Ejemplo	89	10	30	Ancho de base	125	65
	60	10	30	Ancho de base	125	55
	90	10	30	Ancho de base	125	45
Ejemplo comparativo	15	10	30	Ancho de base	125	40

Tabla 19 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo comparativo	14	[45/0/-45/90]2s	Existente	87
Ejemplo	89	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	90	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
Ejemplo comparativo	15	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87

Tabla 19 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (mm)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo comparativo	14	70	30	x		-	-	-
Ejemplo	89	70	30		○	52	630	8
	60	70	30	○	○	46	590	5
	90	70	30	○	○	39	490	4
Ejemplo comparativo	15	70	30	○	○	36	440	7

Tabla 20

Nivel		Material de base preimpregnado					
		Impregnación de Resina	Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra (L) (mm)	Ancho de hendidura proyectado W_s (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)
Ejemplo de referencia	3	Completa	10	30	Ancho de base	125	55
	4		10	30	Ancho de base	125	55
Ejemplo	91		10	30	Ancho de base	125	55
	92		10	30	Ancho de base	125	55
	93		10	30	Ancho de base	125	55
	60		10	30	Ancho de base	125	55
	94		10	30	Ancho de base	125	49
	95		10	30	Ancho de base	125	55
	96	Semi	10	30	Ancho de base	125	55

Tabla 20 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo de referencia	3	[0]8	Existente	87
	4	[0/45]4s	Existente	87
Ejemplo	91	[0/90]4s	Ninguna	87
	92	[0/C90]4s	Ninguna	87
	93	[60/0/-60]2s	Ninguna	87
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	94	[45/R/0/R/-45/R/90/R]2s	Ninguna	87
	95	[WF0/45/0/-45/90]2s	Existente	87
	96	[45/0/-45/90]2s	Existente	87

Tabla 20 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo de referencia	3	70	30	x	X	-	-	-
	4	70	30		x	-	-	-
Ejemplo	91	70	30	○		63	680	4
	92	70	30	○	○	64	690	5
	93	70	30	○	○	47	580	6
	60	70	30	○	○	46	590	5
	94	70	30	○	○	42	510	4
	95	70	30		○	54	670	9
	96	70	30	○	○	46	550	7

Tabla 21

Nivel		Material de base preimpregnado						
		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de fibra L (mm)	Ancho de hendidura proyectado W_s (mm)	Grosor de la capa H (μm)	V_f (%)	Profundidad de corte U (μm)	Profundidad de corte D (μm)
Ejemplo	60	10	30	Ancho de base	125	55	125	-
	97	10	30	Ancho de base	125	55	35	100
	98	10	30	Ancho de base	125	55	55	75
	99	10	30	Ancho de base	125	55	67	67
	100	10	30	Ancho de base	250	55	125	125

Tabla 21 (continuación)

Nivel	Material de base laminado	FRP
-------	---------------------------	-----

		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (µm)
Ejemplo	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	97	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	98	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	99	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	100	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	175

Tabla 21 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	60	70	30	○	○	46	590	5
	97	70	30	○	△	45	650	10
	98	70	30	○	○	46	710	4
	99	70	30	○	○	46	750	7
	100	70	30	○	○	47	690	4

Tabla 22

Nivel		Material de base preimpregnado						
		Ángulo de incisión Θ _b (°)	Longitud de Fibras L (mm)	Ancho de Hendidura Proyecto W _s (mm)	Grosor de la Capa H	V _f (%)	Distancia de Cizallamiento (mm)	Ángulo oblicuo de la incisión (°)
Ejemplo	101	10	30	Ancho de base	125	55	12.5	0,6
	102	10	30	Ancho de base	125	55	6.25	1,1
	103	10	30	Ancho de base	125	55	1	7,1
	104	10	30	Ancho de base	125	55	0.5	14
	105	10	30	Ancho de base	125	55	0.25	27

	60	10	30	Ancho de base	125	55	0	90
--	----	----	----	---------------	-----	----	---	----

Tala 22 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Estructura laminada
Ejemplo	101	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	102	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	103	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	104	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	105	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87

Tabla 22 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Modulo de Tracción (GPa)	Resistencia a la Tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	101	70	30	○	△	47	580	10
	102	70	30	○	○	47	620	4
	103	70	30	○	○	47	620	4
	104	70	30	○	○	46	610	3
	105	70	30	○	○	46	590	5
	60	70	30	○	○	46	590	5

Tabla 23

	Material de base preimpregnado
--	--------------------------------

Nivel		Ángulo de incisión Θ_b (°)	Longitud de Fibra L (mm)	Ancho de hendidura proyectado Ws (mm)	Grosor de la capa H (μm)	Vf (%)	Ancho de resina adicional en la dirección de fibra (mm)
Ejemplo	60	10	30	Ancho de base	125	55	0
	106	10	30	Ancho de base	125	55	0.1
	107	10	30	Ancho de base	125	53	1.5
	108	10	30	Ancho de base	125	43	10
	109	10	30	Ancho de base	125	39	15

Tabla 23 (continuación)

Nivel		Material de base laminado	FRP	
		Estructura laminada	Apertura en el extremo de las fibras	Grosor de la capa (μm)
Ejemplo	60	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	0
	106	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	107	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	108	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87
	109	[45/0/-45/90]2s	Ninguna	87

Tabla 23 (continuación)

Nivel		Moldeabilidad				Propiedades mecánicas		
		Tasa de carga (%)	Tiempo de Prensado (min)	Fluidez	Deformación	Módulo de tracción (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	CV (%)
Ejemplo	60	70	30	○	○	46	590	5
	106	70	30	○	○	45	580	7
	107	70	30	○	○	44	680	4
	108	70	30	○	○	37	590	8
	109	70	30	○	○	34	590	3

REIVINDICACIONES

1. Un material de base laminado comprende una laminación e integración de materiales de base preimpregnados cada uno de los cuales comprende muchas fibras de refuerzo (F) dispuestas sustancialmente en una dirección y una resina matriz adherida a dichas fibras de refuerzo (F), en el que las direcciones de disposición de dichas fibras de refuerzo (F) entre uno y otro material de base preimpregnado laminado tienen al menos dos direcciones diferentes entre sí;
- 5 en el que al menos uno de dichos materiales de base preimpregnados laminado está formado con un material de base preimpregnado que tiene, a lo largo de toda la superficie, muchas incisiones (C) que se extienden cada una en una dirección que cruza las fibras de refuerzo (F), en el que sustancialmente todas las fibras de refuerzo (F) están divididas por las incisiones (C) y en el que una longitud (L) de cada uno de los segmentos de fibras de refuerzo (FS) formados por las incisiones (C) está en el rango de 10 a 100 mm, un grosor (H) del material de base preimpregnado está en el rango de 30 a 300 μm , y un contenido de volumen de fibra (V_f) de las fibras de refuerzo (F) está en el rango de 45 a 65%, en el que todos los segmentos de fibras de refuerzo (FS) tienen sustancialmente la misma longitud (L), en el que el valor absoluto de un ángulo oblicuo (Θ_b) de cada una de dichas incisiones (C) en una cara del al menos un material de base preimpregnado desde la dirección de disposición de dichas fibras de refuerzo (F) está en el rango de 2 a 25°, y en el que cada una de dichas incisiones (C) tiene la forma de un segmento de hendidura que tiene una determinada longitud, y cuando dicho segmento de hendidura se proyecta en la dirección de disposición de dichas fibras de refuerzo (F), una longitud proyectada (W_s) de dicho segmento de hendidura en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de dichas fibras de refuerzo (F) está en el rango de 30 μm a 1,5 mm.
- 10
2. El material de base laminado según la reivindicación 1; en el que dos capas adyacentes que tienen sustancialmente la misma dirección de las fibras contienen filas de hendidura, cada una de las cuales comprende muchos segmentos de hendidura, alineados a intervalos regulares; y en el que las hendiduras de las filas de una de las capas de material de base preimpregnado están desplazadas en la dirección de la longitud de las fibras con respecto a las hendiduras de las filas de la otra capa de material de base preimpregnado.
- 15
3. Un material de base preimpregnado (P) que comprende muchas fibras de refuerzo (F) dispuestas sustancialmente en una dirección y una resina matriz existente entre las muchas fibras de refuerzo (F), en el que el material de base preimpregnado (P) tiene, en toda la superficie, muchas incisiones (C) que se extienden cada una en una dirección que cruza las fibras de refuerzo (F), en el que prácticamente todas las fibras de refuerzo (F) están divididas por las incisiones (C), y en el que una longitud (L) de cada uno de los segmentos de fibra de refuerzo (FS) formados por las incisiones (C) está en el rango de 10 a 100 mm, un grosor (H) del material de base preimpregnado (P) está en el rango de 30 a 300 μm , y un contenido de volumen de fibra (V_f) de las fibras de refuerzo (F) está en el rango de 45 a 65%;
- 20
- en el que todos los segmentos de fibras de refuerzo (FS) tienen sustancialmente la misma longitud (L), en el que el valor absoluto de un ángulo oblicuo (Θ_b) de cada una de dichas incisiones (C) en una cara de dicho material de base preimpregnado (P) desde la dirección de disposición de dichas fibras de refuerzo (F) está en el rango de 2 a 25°, y en el que cada una de dichas incisiones (C) tiene la forma de un segmento de hendidura que tiene una cierta longitud, y cuando dicho segmento de hendidura se proyecta en la dirección de disposición de dichas fibras de refuerzo (F), una longitud proyectada (W_s) de dicho segmento de hendidura en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de dichas fibras de refuerzo (F) está en el rango de 30 μm a 1,5 mm.
- 25
- 30
- 35

Fig. 1

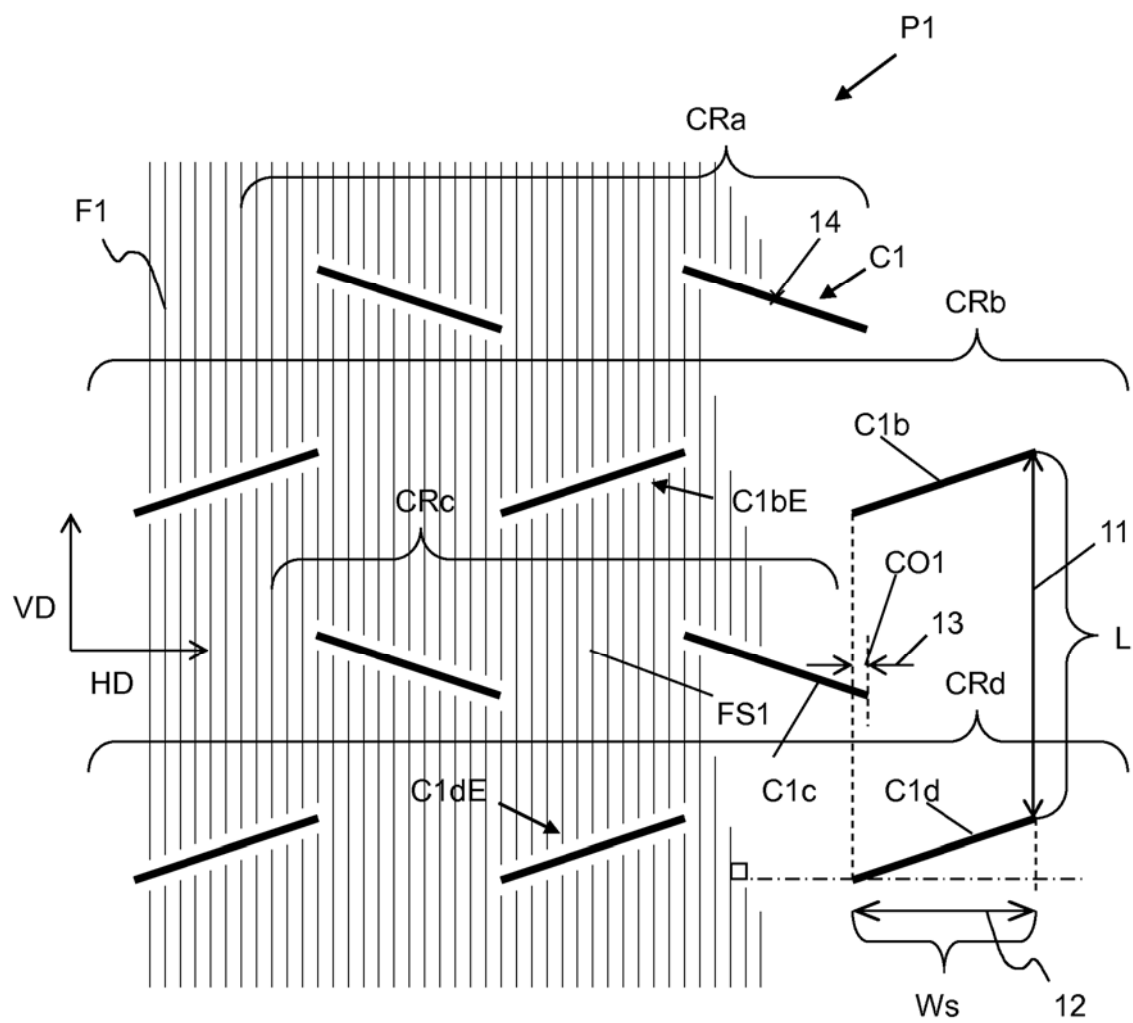


Fig. 2

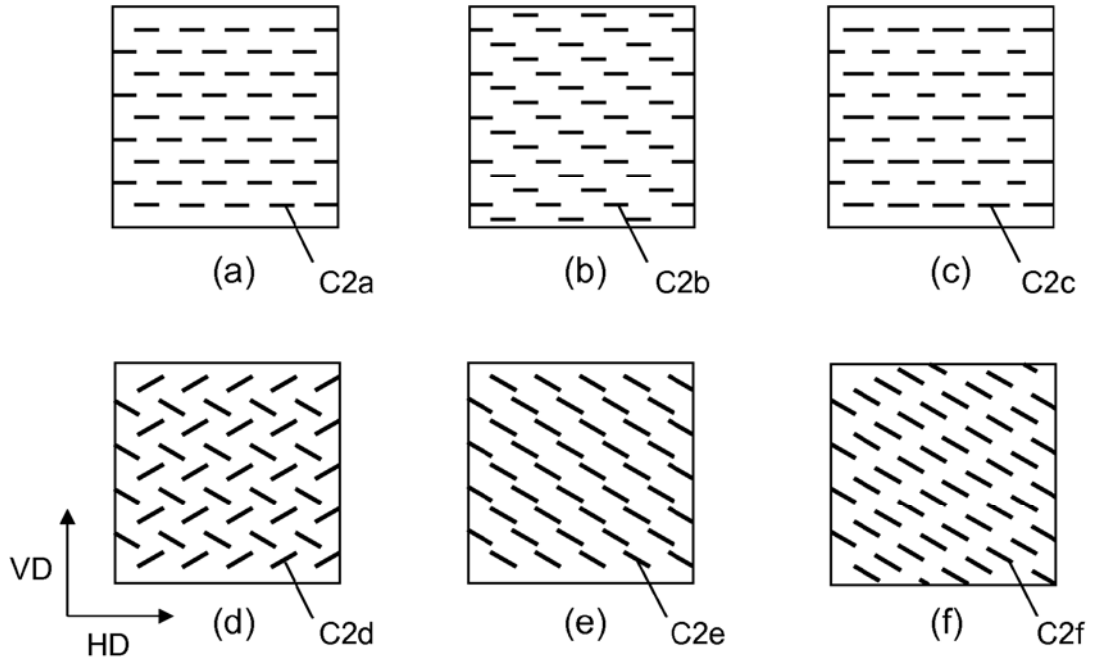


Fig. 3A

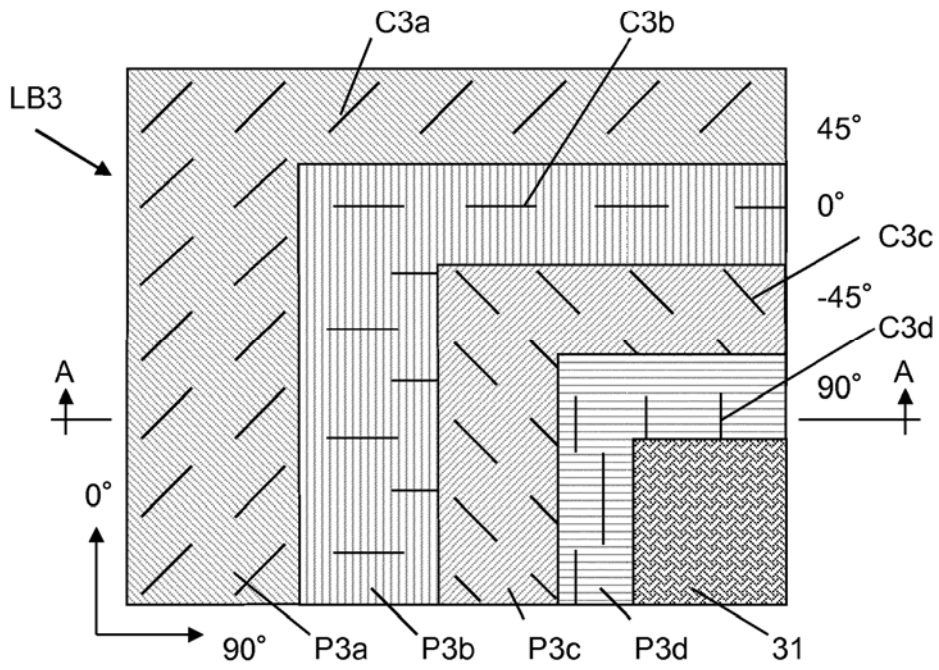


Fig. 3B



Fig. 4A

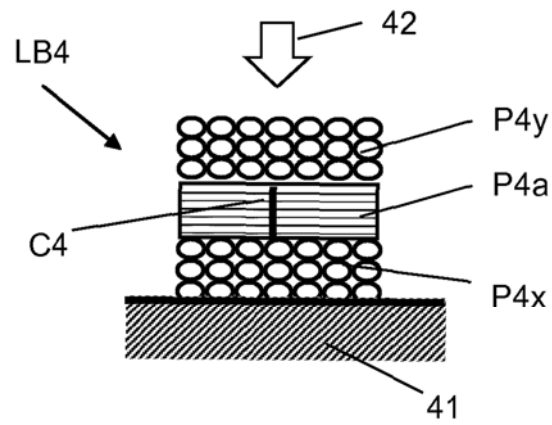


Fig. 4B

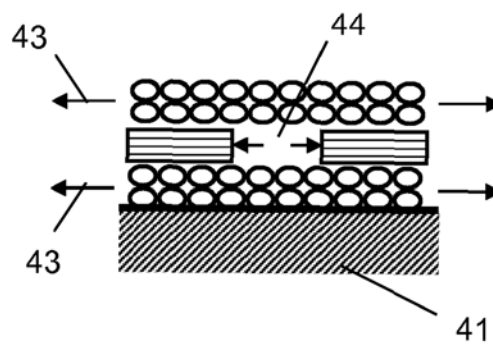


Fig. 5

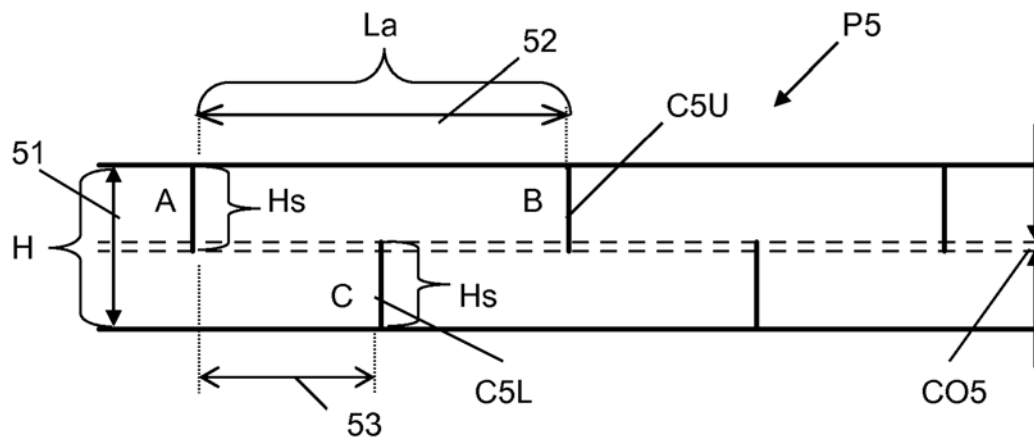


Fig. 6

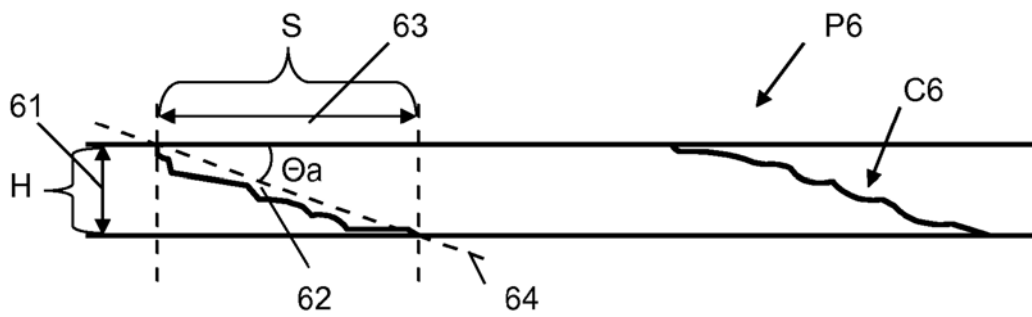


Fig. 7

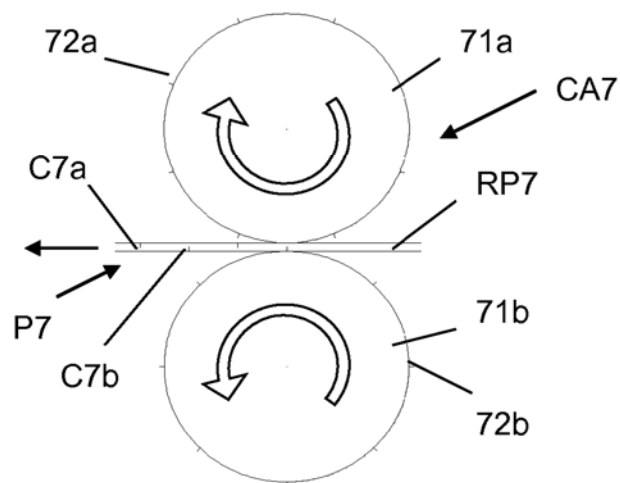


Fig. 8

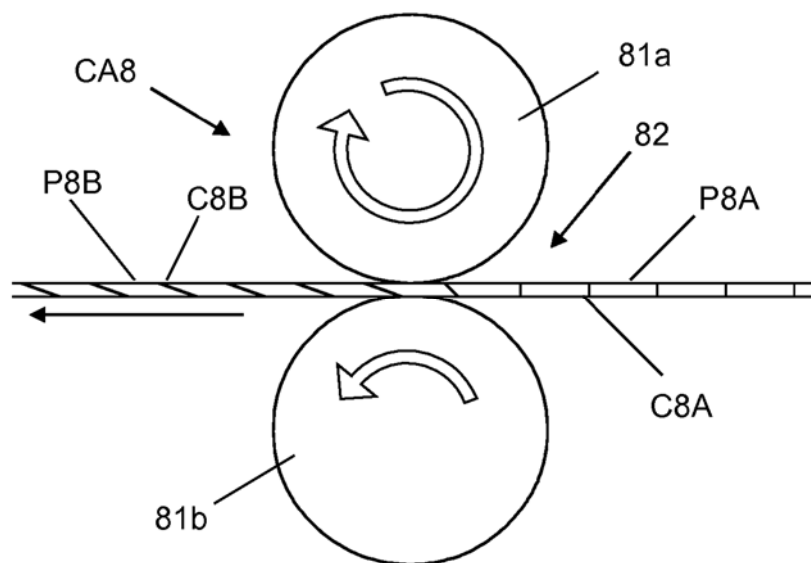


Fig. 9

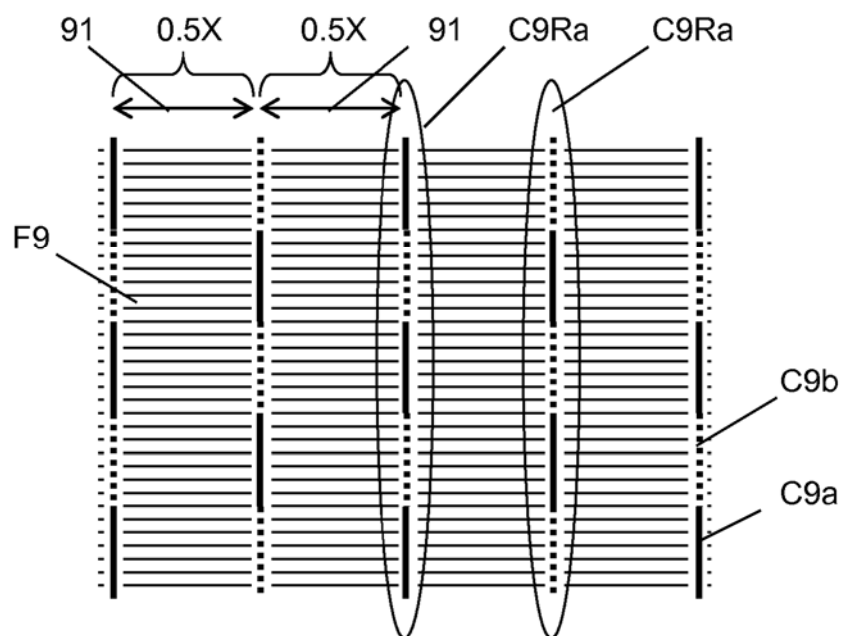


Fig. 10

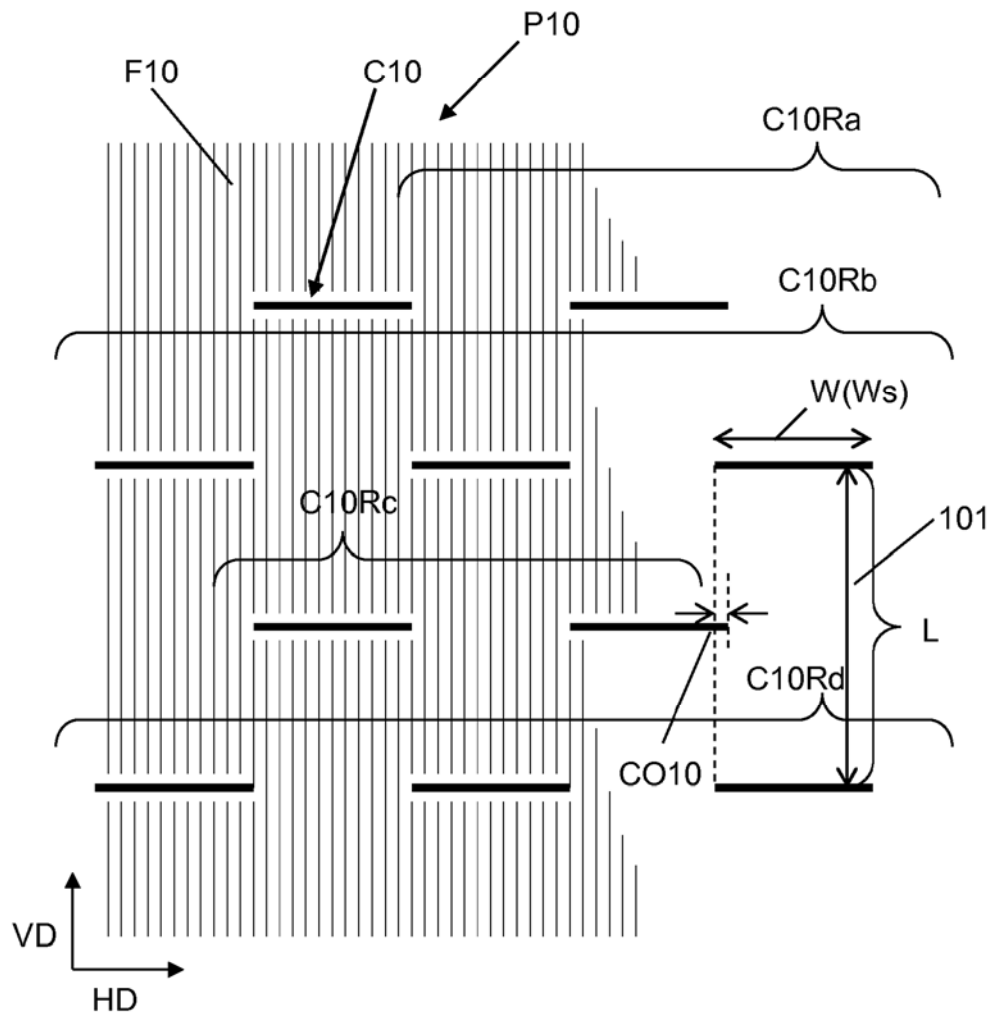


Fig. 11

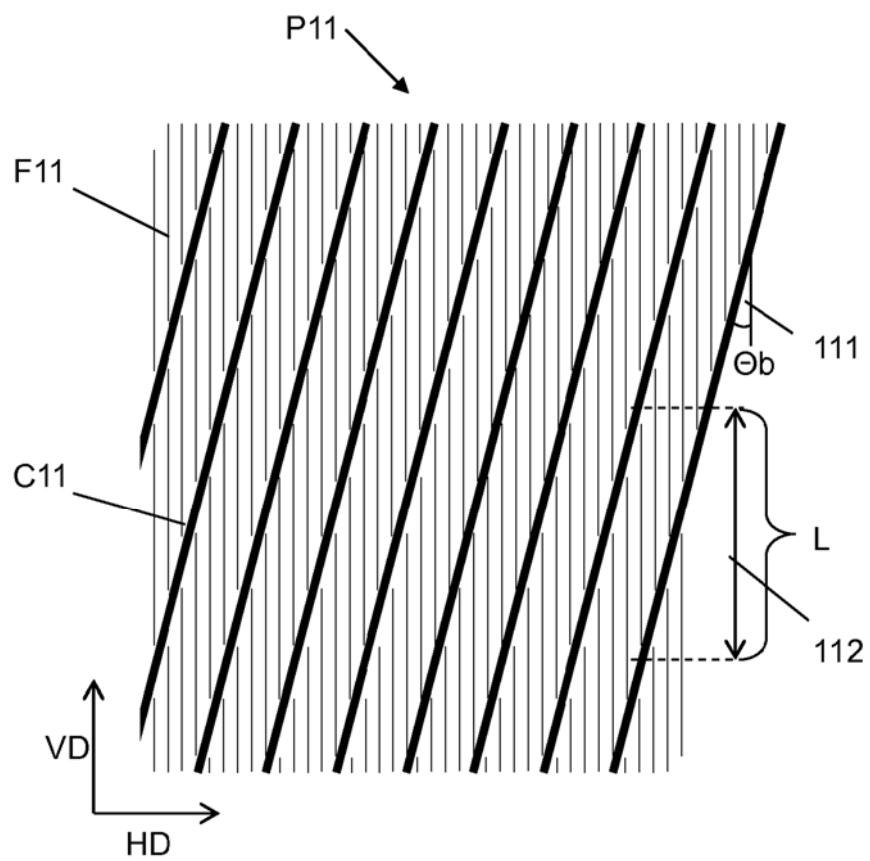


Fig. 12

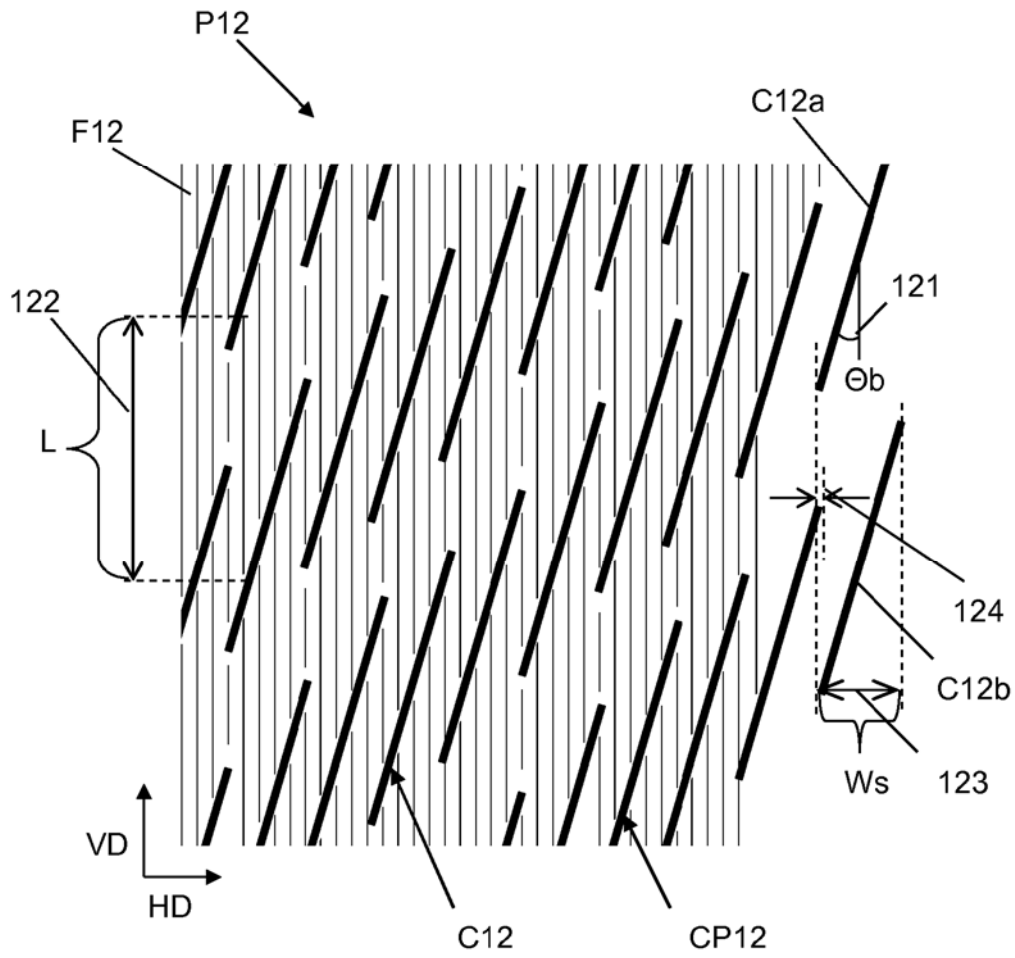


Fig. 13

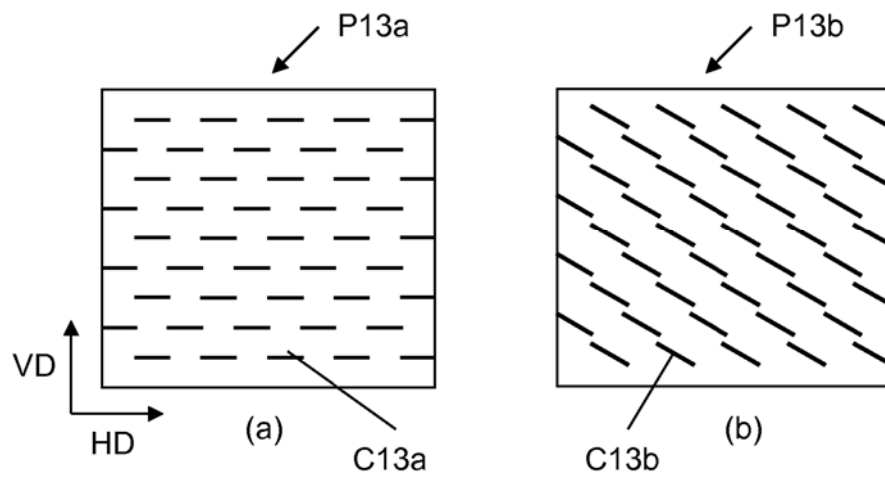


Fig. 14

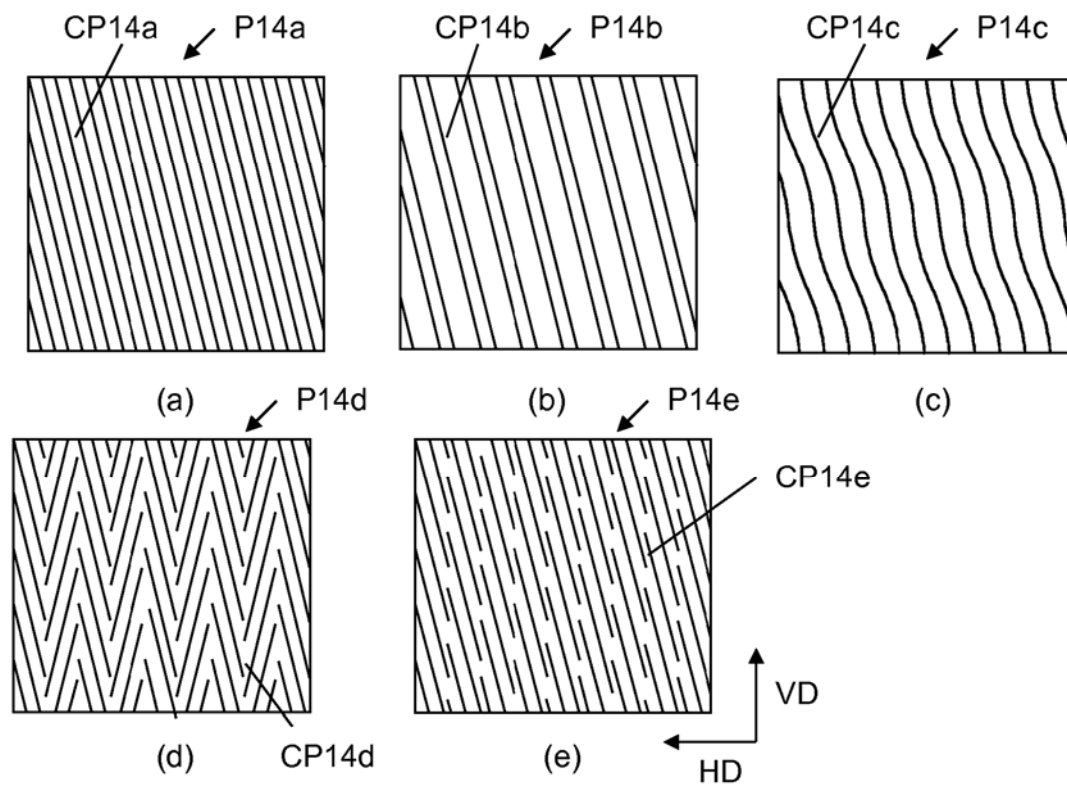


Fig. 15A

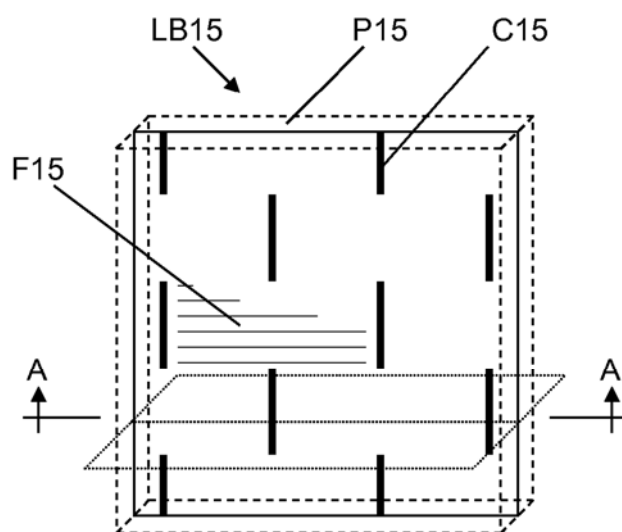


Fig. 15B

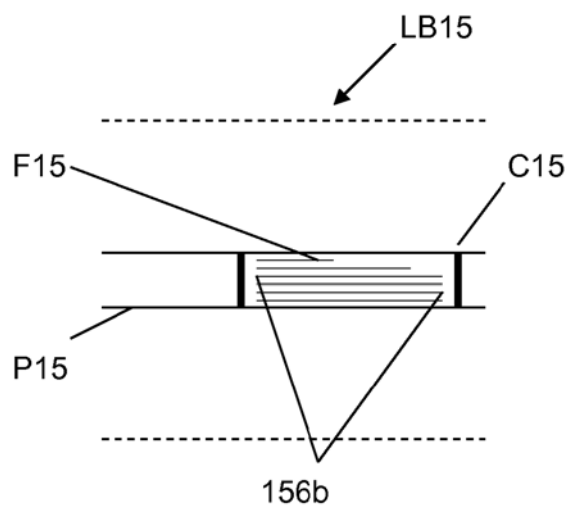


Fig. 15C

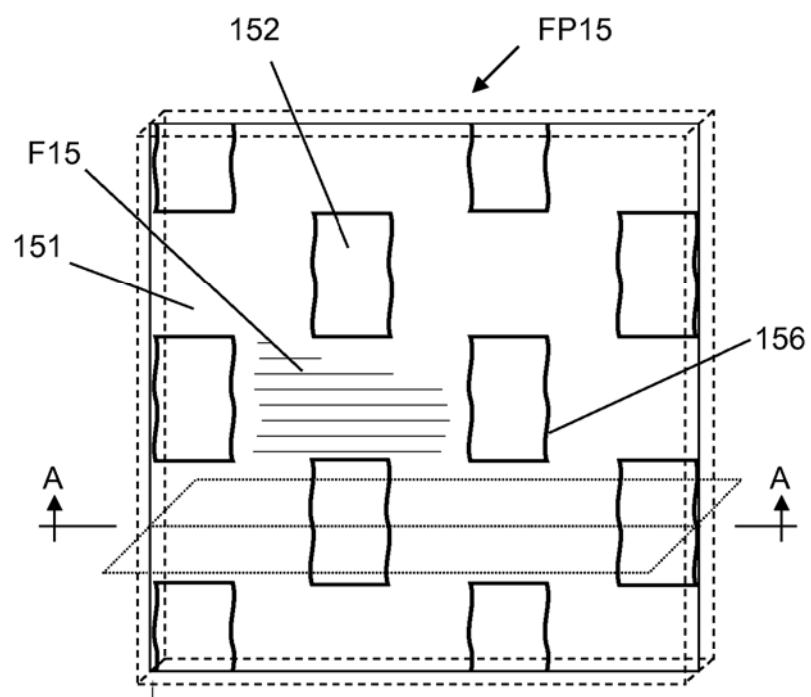


Fig. 15D

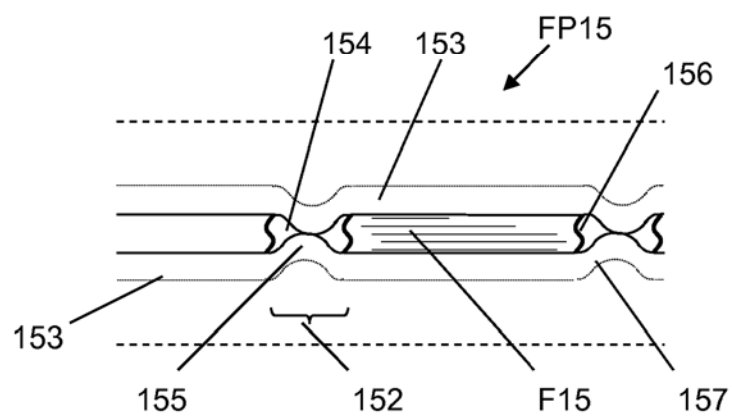


Fig. 16A

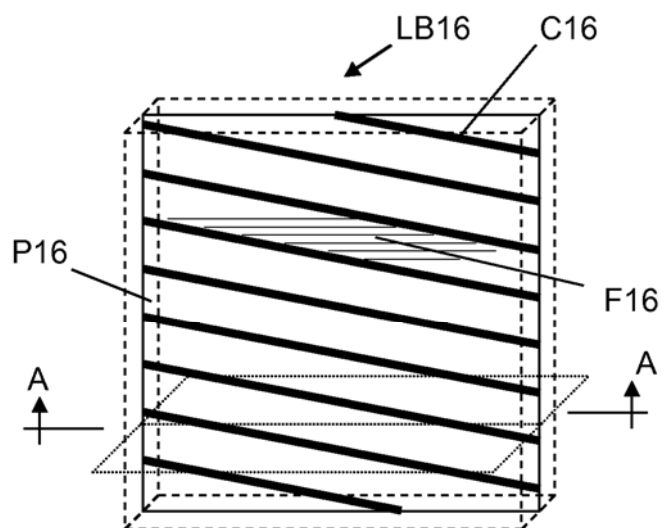


Fig. 16B

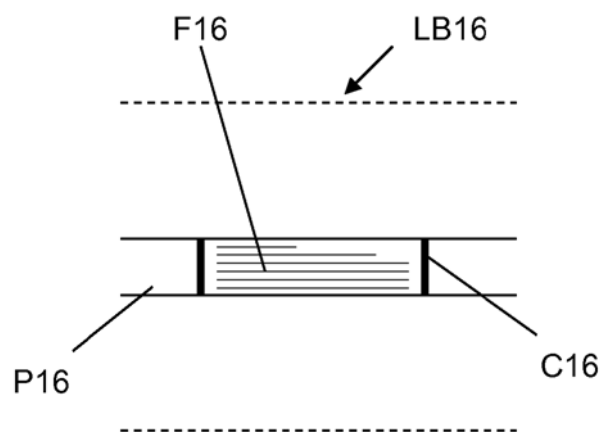


Fig. 16C

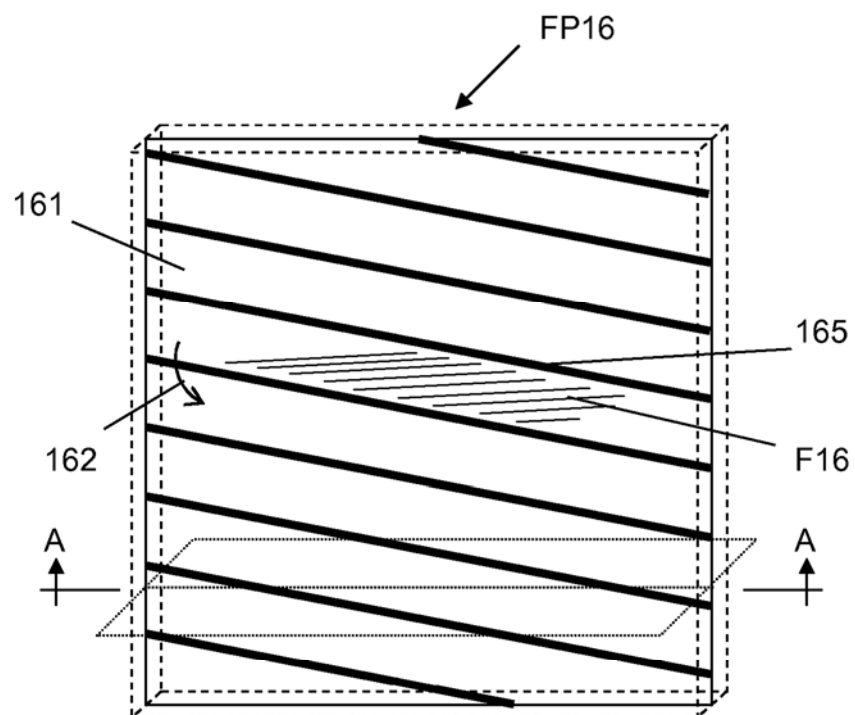


Fig. 16D

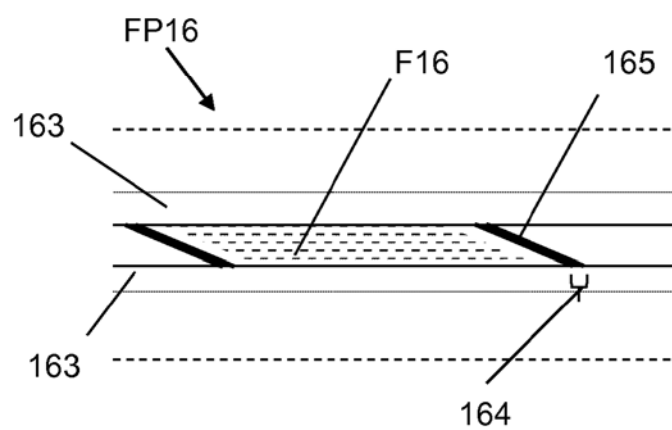


Fig. 17A

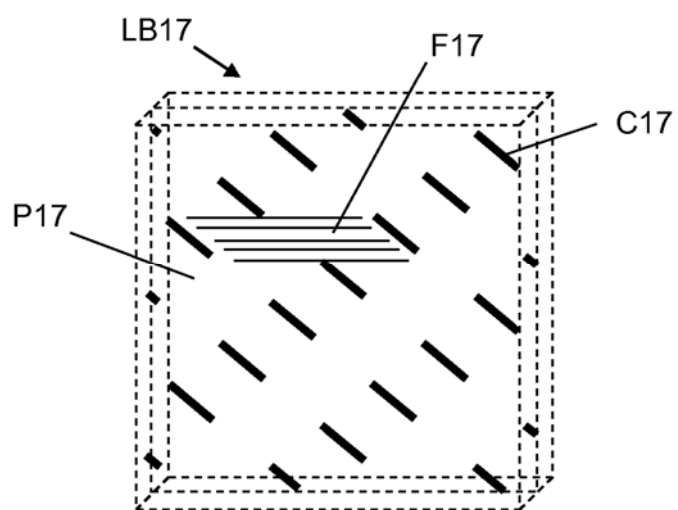


Fig. 17B

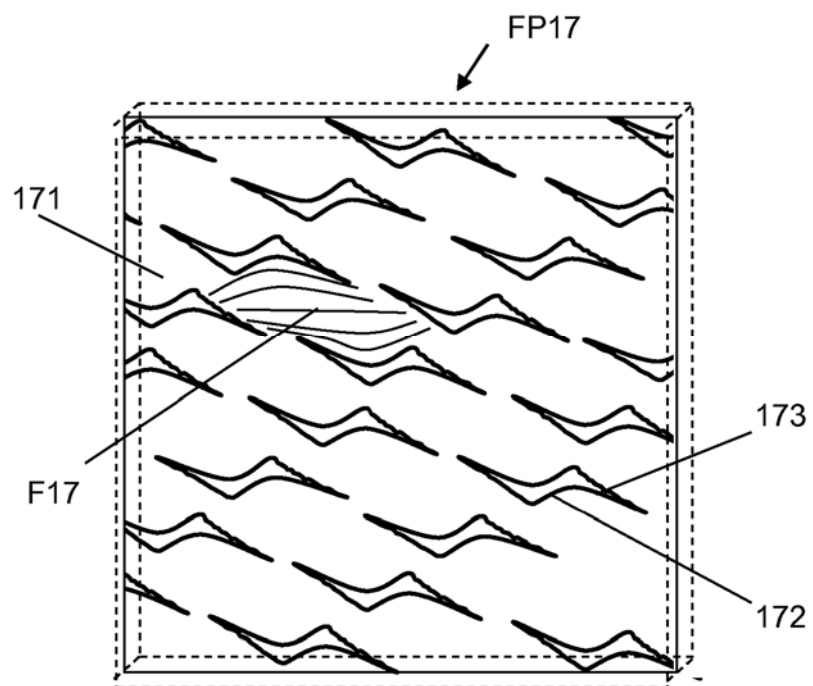


Fig. 18

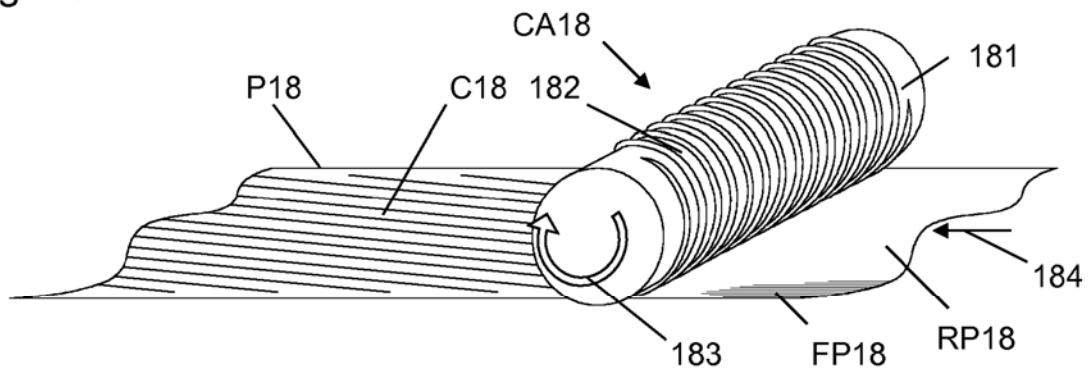


Fig. 19A

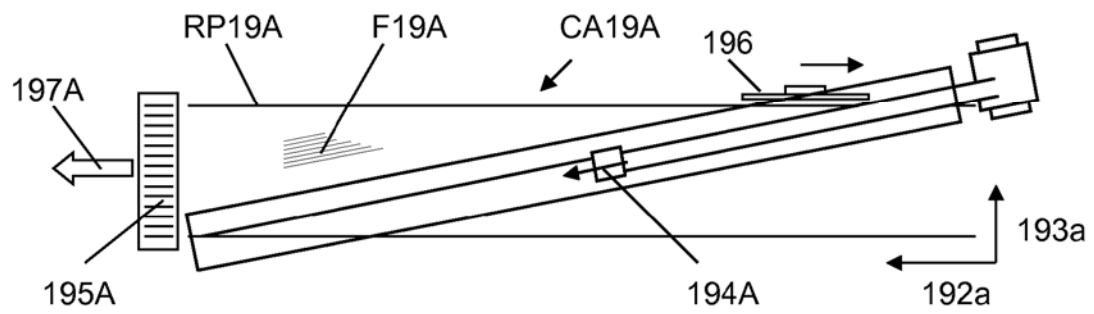


Fig. 19B

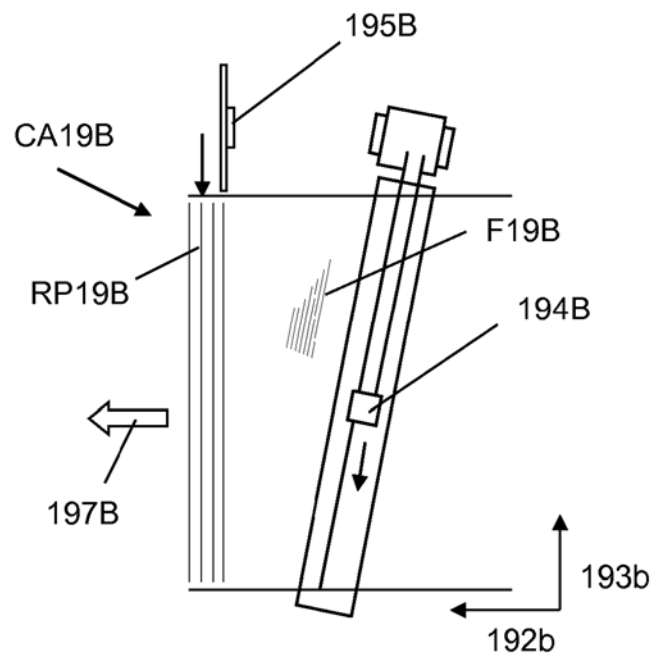


Fig. 20

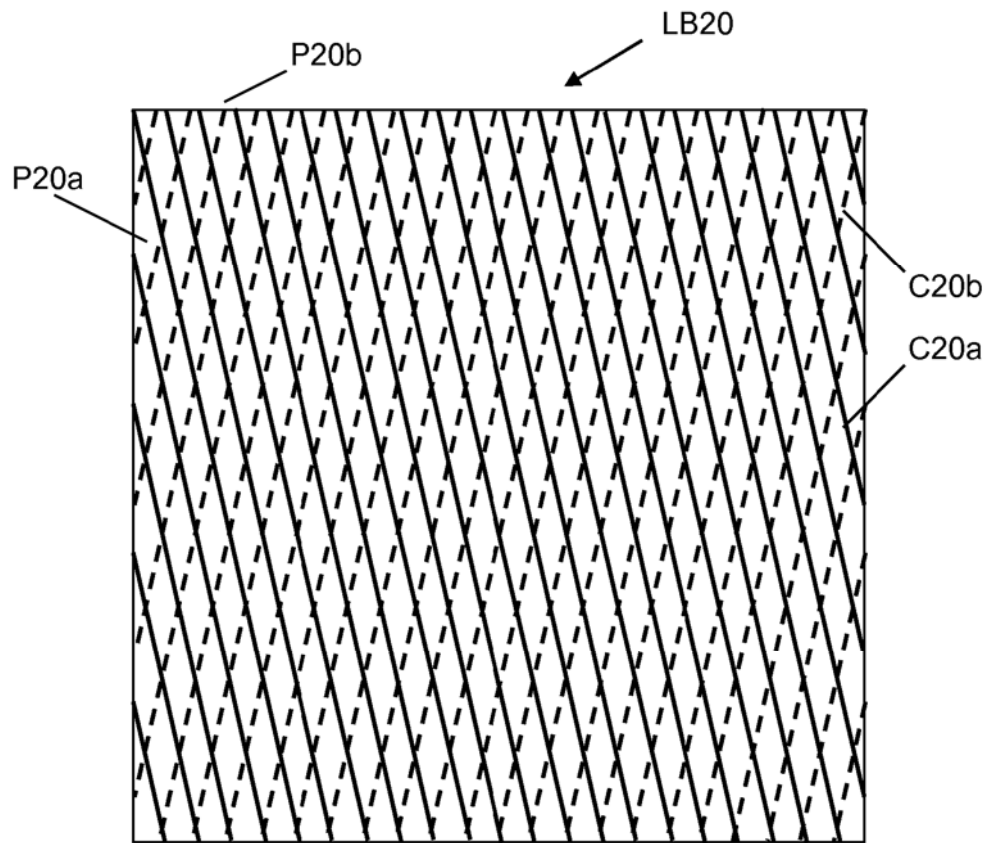


Fig. 21

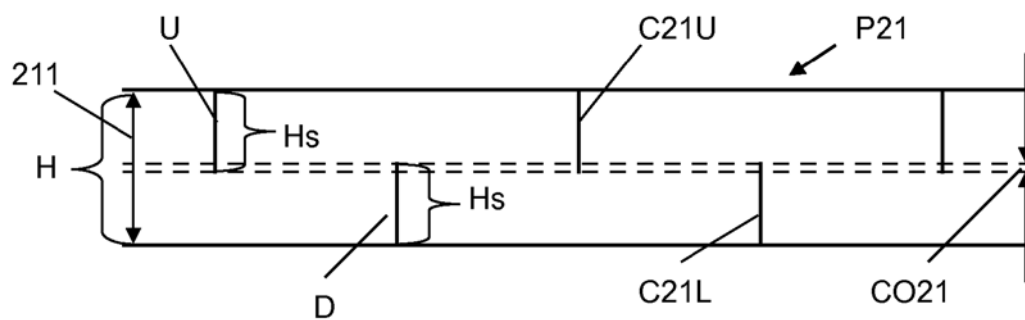


Fig. 22

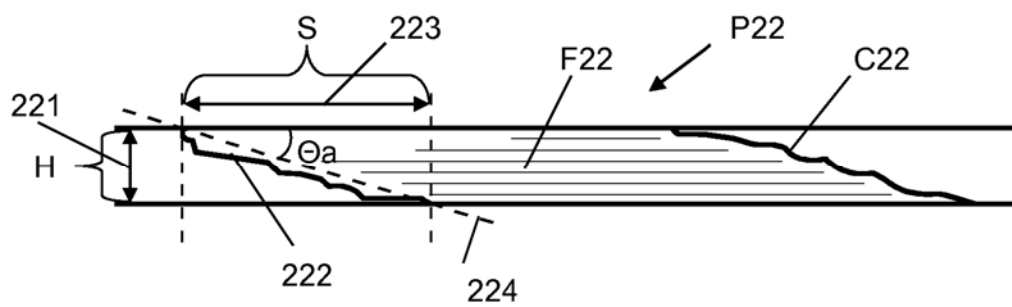


Fig. 23

