

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 566 650**

51 Int. Cl.:

B32B 3/24 (2006.01)
B32B 15/04 (2006.01)
B32B 15/02 (2006.01)
B32B 15/06 (2006.01)
B32B 15/08 (2006.01)
B32B 15/18 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)
B32B 15/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2010 E 10804437 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2016 EP 2460652**

54 Título: **Placa de acero laminado**

30 Prioridad:

31.07.2009 JP 2009179851

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

14.04.2016

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL
CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**OHISHI, HIROSHI;
KOGA, ATSUO;
TANIGUCHI, HIROKAZU y
OHASHI, HIROSHI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 566 650 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

Placa de acero laminado

5 La presente invención se refiere a una placa de acero laminado en la que una placa es laminada en ambas caras de una capa de núcleo para reducir su peso.

10 En varias aplicaciones, tales como partes de automóviles, carcasas de electrodomésticos, mobiliario, partes de aparatos de automatización en oficinas, y similares, existe una amplia demanda de placas de acero que sea ligeras, muy rígidas y resistentes a los golpes, y que tengan una gran manejabilidad en cuanto a cizalladura, curvado, embutición profunda, extendido, y similares, así como estabilidad de forma después de su procesamiento. En años recientes, como medida contra el calentamiento global, se están regulando estrictamente las emisiones de CO₂. En la aplicación a partes de automóviles en particular, para reducir la emisión de CO₂, se requiere en particular un excelente rendimiento no sólo en cuanto a reducción de peso sino también en cuanto a rigidez y resistencia a los golpes, manejabilidad y estabilidad de forma después del procesamiento. Como solución para tales requerimientos, se han propuesto varias láminas de acero laminado, según se lista más adelante, en las que una capa de núcleo formada de una lámina de resina, una lámina de resina con un material de relleno inorgánico, una placa de metal procesado, una estructura alveolar, una fibra, y/o similar es laminada entre las placas de acero.

20 Sin embargo, las placas de acero laminado que se han propuesto hasta ahora no combinan un peso ligero, una alta rigidez, una alta resistencia a los golpes, una gran manejabilidad (manejabilidad en cuanto a cizalladura, manejabilidad en cuanto a curvado, manejabilidad en cuanto a embutición profunda, manejabilidad en cuanto a extendido, y similares), y una excelente estabilidad de forma después de ser procesadas, y similar.

25 LISTA DE DOCUMENTOS CITADOS

BIBLIOGRAFÍA DE PATENTES

- Bibliografía de patente 1: Publicación de patente japonesa pública número 51-84880.
 Bibliografía de patente 2: Publicación de patente japonesa pública número 51-84879.
 30 Bibliografía de patente 3: Publicación de patente japonesa pública número 64-45632.
 Bibliografía de patente 4: Publicación de patente japonesa pública número 6-270325.
 Bibliografía de patente 5: Publicación de patente japonesa pública número 61-123537.
 Bibliografía de patente 6: Publicación de patente japonesa pública número 52-21089.
 Bibliografía de patente 7: Publicación de patente japonesa pública número 4-299133.
 35 Bibliografía de patente 8: Traducción de publicación nacional de solicitud de patente número 2003-523853.
 Bibliografía de patente 9: Publicación de patente japonesa pública número 62-258939.
 Bibliografía de patente 10: Publicación de patente japonesa pública número 62-9951.
 Bibliografía de patente 11: Publicación de patente japonesa pública número 2000-225664.
 Bibliografía de patente 12: Publicación de patente japonesa pública número 2001-150616.
 40 Bibliografía de patente 13: Patente japonesa número 2983133.
 Bibliografía de patente 14: Publicación de patente japonesa pública número 9-39139.
 Bibliografía de patente 15: Publicación de patente japonesa pública número 2003-96969.
 Bibliografía de patente 16: Publicación de patente japonesa pública número 10-305545.
 Bibliografía de patente 17: Publicación de patente japonesa pública número 10-231580.
 45 Bibliografía de patente 18: Publicación de patente japonesa pública número 6-182884.
 Bibliografía de patente 19: Publicación de patente japonesa pública número 2004-42649.
 Bibliografía de patente 20: Patente japonesa 3594877.
 Bibliografía de patente 21: Publicación de patente japonesa pública número 62-264941.
 Bibliografía de patente 22: Patente japonesa número 3118066.
 50 Bibliografía de patente 23: Traducción de publicación nacional de solicitud de patente número 2003-508270.
 Bibliografía de patente 24: Fascículo de publicación internacional número WO2008/097984.
 Bibliografía de patente 25: Fascículo de publicación internacional número WO2007/062061.
 Bibliografía de patente 26: Patente japonesa número 2838982.
 Bibliografía de patente 27: Publicación de patente japonesa pública número 8-82021.
 55 Bibliografía de patente 28: Publicación de patente japonesa pública número 8-105127.
 Bibliografía de patente 29: Publicación de patente japonesa pública número 8-20086.
 Bibliografía de patente 30: Fascículo de publicación internacional número WO2006/050610.
 Bibliografía de patente 31: Publicación de patente japonesa pública número 54-60266.
 Bibliografía de patente 32: Publicación de patente japonesa pública número 60-149450.
 60 Bibliografía de patente 33: Publicación de patente japonesa pública número 60-242052.

BIBLIOGRAFÍA DISTINTA DE PATENTES

- Bibliografía distinta de patente 1: D. Mohr, Int. J. Mech. Sci., Vol. 45., P253 (2003).
- 65 La presente invención se realiza en vista de tales problemas y un objeto de la misma es proporcionar una placa de acero laminada que es ligera, muy rígida y resistente a los golpes, y que combina una manejabilidad en cuanto al

cizallado, curvado, embutido profundo, extendido, y similar, así como una estabilidad de forma después de ser procesada.

Los inventores de la presente solicitud han llevado a cabo repetidos estudios para resolver los problemas anteriormente descritos, y han encontrado como resultado que formar una capa de núcleo con un grupo de hilos formado a modo de rejilla y una lámina de resina y controlando además una resistencia a la tensión de los hilos y una abertura del grupo de hilos de rejilla permite combinar ligereza, alta rigidez, alta resistencia a los golpes, una excelente capacidad de amortiguamiento, manejabilidad, y una excelente estabilidad de forma después de ser procesada, y han completado la presente invención basándose en estos conocimientos. Por tanto, el objeto anterior puede conseguirse por medio de las características definidas en las reivindicaciones.

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una placa de acero laminado que sea ligera, muy rígida y resistente a los golpes, y también combina la capacidad de amortiguación y manejabilidad en cuanto a cizallado, curvado, embutido profundo, extendido, y similares, así como una estabilidad de forma después de haber sido procesada.

La invención se describe con detalle en conjunto con los dibujos, en los que:

La Figura 1 es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura global de una placa de acero laminado de acuerdo con una primera realización de la presente invención,

La Figura 2A es una vista en planta que ilustra un ejemplo de la estructura de un grupo de hilos de rejilla de acuerdo con la realización,

La Figura 2B es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura del grupo de hilos de rejilla de acuerdo con la realización,

La Figura 3 es una vista en planta que ilustra la estructura de un ejemplo de modificación del grupo de hilos de rejilla de acuerdo con la realización,

La Figura 4 es una vista explicativa que ilustra un ejemplo de un efecto de unión para una placa de acero de capa superficial por el grupo de hilos de rejilla de acuerdo con la invención,

La Figura 5 es una vista de una sección transversal que ilustra la estructura de un ejemplo de modificación de la placa de acero laminado de acuerdo con la realización,

La Figura 6 es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura global de una placa de acero laminado de acuerdo con una segunda realización de la presente invención,

La Figura 7 es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura global de una placa de acero laminado de acuerdo con una tercera realización de la presente invención,

La Figura 8A es una vista explicativa que ilustra un ejemplo de un comportamiento de deformación de curvado de la placa de acero laminada de acuerdo con la primera realización de la presente invención, y

La Figura 8B es una vista explicativa que ilustra un ejemplo de un comportamiento de deformación de curvado de la placa de acero laminada de acuerdo con la tercera realización de la presente invención.

En adelante, se describirán realizaciones preferidas de la presente invención con mayor detalle haciendo referencia a las figuras adjuntas. Nótese que en esta memoria y los dibujos, componentes que tienen sustancialmente las mismas estructuras funcionales reciben los mismos números de referencia, y se omite así duplicar las descripciones.

[Primera realización]

[Estructura de la placa de acero laminada]

En primer lugar, se describirá con referencia a la Figura 1 la estructura global de una placa de acero laminada de acuerdo con una primera realización de la presente invención. La Figura 1 es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura global de la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización.

Como se ilustra en la Figura 1, la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización tiene una estructura en la que unas placas 5 (5A, 5B) de acero (en adelante referidas como "placas de acero de capa superficial") son laminadas respectivamente a ambas caras de una capa 10 de núcleo. Es decir, la placa 1 de acero laminado es laminada sobre la placa 5A de acero de capa superficial, y la placa 5B de acero de capa superficial es adicionalmente laminada sobre la misma. La capa 10 de núcleo está formada por uno o más grupos 11 de hilo de rejilla, y una o más láminas 13 de resina de un material de base de resina formado con forma de lámina. Cuando la capa 10 de núcleo está formada por dos o más grupos 11 de hilo de rejilla y dos o más láminas de resina, estos grupos 11 de hilo y láminas 13 de resina están estructurados para ser laminados uno sobre otra. Aquí, la Figura 1 ilustra un ejemplo en el que una capa 10 de núcleo tiene una estructura tal que una lámina 13 de resina, un grupo 11 de hilo de rejilla, una lámina 13 de resina, un grupo 11 de hilo de rejilla, y una lámina 13 de resina son laminados en este orden desde la cara de la placa 5 de acero de capa superficial. Además, no es necesario que los grupos 11 de hilo de rejilla y las láminas 13 de resina se laminen en orden, y la capa 10 de núcleo puede tener una estructura tal que al menos los grupos 11 de hilo de rejilla o las láminas 13 de resina se laminen secuencialmente.

Además, como se describirá con detalle más adelante, en la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización, preferiblemente el hilo que forma los grupos 11 de hilo de rejilla es un hilo de acero que tiene un

contenido de carbono del 0,24% en masa o más. Además, la abertura de los grupos 11 de hilo de rejilla debe ser igual o menor que diez veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial. En adelante, se describirán con detalle los respectivos miembros que forman la placa 1 de acero laminado.

5 (Estructura del grupo de hilos de rejilla)

En primer lugar, se describirá la estructura de un grupo 11 de hilos de rejilla de acuerdo con esta realización con referencia a la Figura 1, la Figura 2A y la Figura 2B. Las Figuras 2A y 2B son vistas que ilustran un ejemplo de la estructura del grupo 11 de hilo de rejilla de acuerdo con esta realización. La Figura 2A ilustra una vista en planta y la Figura 2B ilustra una vista en sección transversal.

10 Como se ilustra en la Figura 2A, el grupo 11 de hilo de rejilla está formado con una forma de rejilla mediante el uso de hilos para hilos 111 verticales e hilos 113 horizontales. Aquí, los hilos 111 verticales hacen referencia a hilos que se extienden en una dirección longitudinal (dirección vertical en el ejemplo que se ilustra en la Figura 2A) de entre todos los hilos que forman el grupo 11 de hilos de rejilla. Adicionalmente, los hilos 113 horizontales hacen referencia a hilos que se extienden en la dirección de la anchura (dirección horizontal en el ejemplo que se ilustra en la Figura 2A) ortogonal a la dirección longitudinal de entre todos los hilos que forman el grupo 11 de hilos de rejilla. Además, en el ejemplo que se ilustra en la Figura 2A, una abertura w (w_L , w_H) del grupo 11 de hilos de rejilla hace referencia a una distancia entre dos hilos 111 verticales o hilos horizontales adyacentes. En algunos casos, se hace referencia a una distancia entre dos hilos 111 verticales adyacentes como una abertura w_L , y se hace referencia a una distancia entre dos hilos 113 horizontales adyacentes como una abertura w_H , para distinguirlas. Cuando el grupo 11 de hilos de rejilla tiene aberturas cuadradas, se cumple $w_L = w_H$. Además, en el grupo 11 de hilos de rejilla, existen orificios 115 (cuadrículas) respectivamente en porciones rodeadas por los hilos 111 verticales y los hilos 113 horizontales, y debido a la existencia de estos orificios 115, la capa 10 de núcleo puede tener un peso reducido en comparación con una placa de acero, una placa de Al, o similares. Además, la suma del diámetro (diámetro del cable) d de los hilos que forman el grupo 11 de hilos de rejilla y la abertura w se denomina como paso (paso de rejilla) p . Nótese que la abertura w descrita más adelante se define mediante un lado largo de un rectángulo que tiene un área máxima que toca internamente un orificio e indica una media de los lados largos en diez orificios elegidos arbitrariamente, e indica, cuando los hilos se disponen en paralelo, un intervalo medio de los hilos dispuestos en paralelo.

30 Además, el grosor t_N del grupo 11 de hilo de rejilla se representa mediante una distancia entre una porción 111a de curvado y otra porción 111b de curvado de los hilos 111 verticales o los hilos 113 horizontales. En el ejemplo ilustrado en la Figura 2B, el grosor t_N del grupo 11 de hilos de rejilla está representado mediante una distancia entre una porción 111a de curvado superior y una porción 111b de curvado inferior del hilo 113 horizontal. Como se ha descrito anteriormente, en la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización, la capa 10 de núcleo está formada por uno o más grupos 11 de hilo de rejilla y una o más láminas 13 de resina. El grosor de la capa 10 de núcleo difiere dependiendo de cómo se laminan el grupo 11 de hilos de rejilla y la lámina 13 de resina. Cuando el grupo 11 de hilos de rejilla no está embebido en la lámina 13 de resina, el grosor t_c de la capa 10 de núcleo es $t_c = n_1 \times t_N + n_2 \times t_R$, donde el número de grupos 11 de hilo de rejilla es n_1 , el grosor de la lámina 13 de resina es t_R , y el número de láminas 13 de resina es n_2 . Por otro lado, cuando está embebido, el grosor es $t_c = n_2 \times t_R$. Además, cuando está parcialmente embebido, entre ellos hay t_c .

<Resistencia a la tracción de los hilos>

Incluso cuando se asegura una abertura que permite reducción de peso, se asegura una resistencia de la capa de núcleo si la resistencia a la tracción de los hilos que forman el grupo de hilos de rejilla es 601 MPa o mayor. Como resultado, después de someter la placa de acero laminado a un intenso procesamiento tal como curvado o embutición profunda, la capa de núcleo no se destruye y se mantiene en condiciones. Preferiblemente, la resistencia a la tracción de los hilos es 1000 MPa o mayor, más preferiblemente 2000 MPa o mayor, y en este rango se aseguran los efectos anteriormente descritos y se puede obtener un funcionamiento de absorción de golpes. Por otro lado, en términos de manejabilidad por cizalladura y curvado, preferiblemente la resistencia a la tracción de los hilos es de 6000 MPa o menor. Cuando la resistencia a la tracción de los hilos es mayor de 6000 MPa, crece la resistencia a la cizalladura de la capa de núcleo, y la fuerza de curvado y la fuerza de cizalladura aplicada tanto a una capa superficial y una capa de unión entre una capa superficial y una capa adhesiva aumentan cuando se curva la placa de acero laminado, produciéndose fácilmente la destrucción de la capa superficial o la delaminación y destrucción de la capa adhesiva.

55 <Diámetro de los hilos>

El diámetro d de los hilos (diámetro de hilo d) no está particularmente limitado, puede ser igual o menor que un grosor necesario de la capa 10 de núcleo desde el punto de la rigidez y la resistencia a los golpes que sea necesaria dependiendo de la aplicación de la placa 11 de acero laminado, y puede determinarse adecuadamente dependiendo de las características (densidad de la placa, rigidez, resistencia a los golpes, etc.) de la placa 1 de acero laminado que deberían priorizarse para cada aplicación. Por ejemplo, cuando la densidad de placa de la placa 1 de acero laminado es particularmente importante, puede determinarse el diámetro d a partir de la siguiente expresión (1) y la expresión (2) de acuerdo con la abertura del grupo 11 de hilos de rejilla y la densidad ρ_{objetivo} de placa como el objetivo de la capa 10 de núcleo. Adicionalmente, cuando la resistencia de la placa 1 de acero laminado es particularmente importante, puede determinarse el diámetro d de hilo a partir de la siguiente expresión (3) y expresión (2) de acuerdo con un momento de curvado M_{objetivo} en un rango de deformación plástica como factor

dominante de la resistencia a los golpes.

$$\rho_{\text{objetivo}} > 7,8 \times (1 - V_{\text{aire}}) \times n \quad \dots (1)$$

$$V_{\text{aire}} = W^2 / (w + d)^2 \quad \dots (2)$$

$$M_{\text{objetivo}} < 1 / 4\sigma_{\text{ys}} [(t_s + t_c)^2 - t_c^2] + 1/8 (1 - V_{\text{aire}}) \sigma_{\text{yc}} \quad \dots (3)$$

(En las expresiones anteriores (1) a (3), ρ_{objetivo} denota la densidad de placa objetivo de la capa 10 de núcleo, V_{aire} denota el volumen de la porción de orificio 115 en la capa 10 de núcleo, n denota el número de laminaciones del grupo 11 de hilos de rejilla, w denota la abertura del grupo 11 de hilos de rejilla, M_{objetivo} denota el momento de curvado objetivo, σ_{ys} denota el límite elástico de la placa 5 de acero de capa superficial, t_s denota el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial, t_c denota el grosor de la capa 10 de núcleo, y d denota el diámetro de cable del grupo 11 de hilos de rejilla).

<Abertura del grupo de cables de rejilla>

En la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización, es necesario que la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla sea igual o menor que diez veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial. El que la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla sea así igual o menor que diez veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial se decide según las consideraciones de los presentes inventores. Se supone el caso de una deformación por tracción de la placa 1 de acero laminada que tiene la capa 10 de núcleo en el que una relación de resistencia a la tracción entre los hilos como el material de base de la capa 10 de núcleo y la placa 5 de acero de capa superficial es igual o menor que 1/50 (que es un valor con una mayor resistencia a la tracción en el denominador). En este caso mediante un análisis FEM (Finite Element Method, Método de los Elementos Finitos), se descubrió que cuando la longitud de un lado del orificio 115 (la abertura w) que existe en la capa 10 de núcleo es mayor que diez veces el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial, las tensiones se concentran en una porción situada encima del orificio 115 en la placa 1 de acero de capa superficial, y la placa 5 de acero de capa superficial se fractura pronto. En la placa 5 de acero de capa superficial, el grosor sustancial de la placa de acero difiere entre la porción situada encima de los orificios 115 de la capa 10 de núcleo y una porción situada encima de los hilos (hilos 111 verticales e hilos 113 horizontales). En consecuencia, la resistencia (resistencia a la tracción y límite elástico) en la porción situada encima de los orificios 115 se hace más pequeña que la resistencia de la porción situada encima de los hilos. Como resultado, cuando se aplica una deformación de tracción o deformación de compresión a la placa 1 de acero laminado, las tensiones se concentran en la porción situada encima de los orificios 115 que tiene una baja resistencia en la placa 5 de acero de capa superficial, disminuye la elongación de fractura, y por tanto aumenta la manejabilidad.

Disminuyendo la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla para que sea igual o menor que diez veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial, las tensiones que se concentran en la porción situada encima del orificio 115 de la placa 5 de acero de capa superficial durante la deformación a tracción o compresión de la placa 1 de acero laminada pueden dispersarse, y la elongación de fractura de la placa 5 de acero de capa superficial puede aumentarse. Como resultado, la manejabilidad de la placa 1 de acero laminada puede mejorarse, y puede asegurarse la estabilidad de procesado de la placa 1 de acero laminada incluso cuando se aplica un procesado intenso tal como curvado o embutición profunda. Además, para dispersar suficientemente las tensiones, preferiblemente la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla es igual o menor que 3,5 veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial.

Además, cuando más pequeño es la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla, más puede dispersarse las tensiones que se concentran en la porción situada encima de los orificios 115 de la placa 5 de acero de capa superficial. Además, si se produce una fractura en la placa 5 de acero de capa superficial, esta fractura está confinada al orificio 115 que tiene la abertura w pequeña y es difícil que se transmita a otras porciones. Por tanto, cuanto más pequeña la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla, más es preferido en lo que respecta a la manejabilidad. Por otro lado, cuando la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla es pequeña, la densidad de placa de la capa 10 de núcleo aumenta debido a las expresiones (1) y (2) anteriores. En consecuencia, considerando un punto de vista de asegurar un peso ligero, preferiblemente, la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla es igual o mayor que 0,5 veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial.

Desde un punto de vista de conseguir una excelente manejabilidad y estabilidad de procesado de manera compatible con un peso ligero en un grado mayor que el descrito anteriormente, preferiblemente, la abertura w del grupo 11 de hilos de rejilla es igual o mayor que 0,5 veces e igual o menor que una vez el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial.

Además, en esta realización, como el grupo 11 de hilos de rejilla que forma una rejilla está contenido en la capa 10 de núcleo, es más fácil controlar el tamaño de los orificios que cuando se lleva a cabo un troquelado, abollonado, o similar en un material de placa de metal o similar para formar los orificios. Es decir, es fácil controlar la longitud de un lado del orificio 115 (abertura w) para ajustarla al pequeño tamaño igual o menor que diez veces el grosor t_s de la placa 5 de acero de capa superficial. En consecuencia, con la placa de acero laminada de acuerdo con la presente

invención, también son posibles una reducción de coste, una mejora en la productividad, y similares.

<Método de formación del grupo de hilos de rejilla>

5 En un método de formación del grupo 11 de hilos de rejilla, siempre que se satisfagan las condiciones anteriormente
 10 descritas de resistencia a la tracción y abertura de los hilos, no está particularmente limitada una manera de
 15 entrelazar, una manera de tejer, o similar, y puede usarse cualquier forma de entre romboidal, hexagonal,
 rectangular, y similares. Como grupos 11 de hilos de rejilla cuadrados, existen el grupo de hilos de rejilla
 entrelazados, el grupo de hilos de rejilla ondulados, etc. Ejemplos específicos del grupo de hilos de rejilla
 entrelazados incluyen entrelazado simple, entrelazado diagonal, entrelazado de esterilla, entrelazado de esterilla
 acresponada, y similares. Además, ejemplos específicos del grupo de hilos de rejilla ondulados incluyen entrelazado
 ondulado, entrelazado ondulado de bloqueo, entrelazado ondulado doble, entrelazado ondulado plano, ton-cap
 entrelazado de pantalla ton-cap, entrelazado de pantalla de ranura, y similares. Además, el método de formación del
 grupo 11 de hilos de rejilla puede ser la unión en estado sólido, tal como mediante soldadura en lugar de mediante
 entrelazado o trenzado. Es decir, los hilos 111 verticales y los hilos 113 horizontales pueden estar unidos mediante
 una unión de estado sólido tal como soldadura para formar una rejilla. Además, como método para entrelazar el
 grupo de hilos de rejilla, puede usarse entrelazado tridimensional en lugar de entrelazado bidimensional.

20 Entre los métodos de formación anteriormente descritos del grupo 11 de hilos de rejilla, el grupo de hilos de rejilla
 con entrelazado simple es el preferido desde el punto de vista de la facilidad de fabricación y eficiencia económica, y
 el grupo de hilos de rejilla con entrelazado de parte superior plana es preferido desde un punto de vista de la
 propiedad de unión de la placa 5 de acero de capa superficial y la capa 10 de núcleo.

25 Además, en el grupo 1 de hilos de rejilla de acuerdo con esta realización, pueden añadirse ligaduras (hilos) en una
 dirección oblicua a las aberturas cuadradas usando los hilos anteriormente descritos. Esta dirección oblicua hace
 referencia a una dirección que cruza tanto los hilos 111 verticales como los hilos 113 horizontales. Específicamente,
 por ejemplo, pueden añadirse al grupo 11 de hilos de rejilla cuadrada ligaduras (hilos) en una dirección según 15°,
 30°, 45° o similar con respecto de la dirección de los hilos 111 verticales o los hilos 113 horizontales.

<Con relación al efecto de unión para la placa de acero de capa superficial por el grupo de hilos de rejilla>

30 La Figura 3 es una vista en planta que ilustra la estructura de un ejemplo de modificación del grupo de hilos de rejilla
 de acuerdo con esta realización. En esta realización, para obtener un efecto de unión, que se describirá más
 adelante, para que se muestre suficientemente la placa 5 de acero de capa superficial por el grupo 11 de hilos de
 rejilla, como un grupo 11' de hilos de rejilla ilustrado en la Figura 3, preferiblemente, en particular, unas ligaduras
 35 (hilos) 117 según una dirección ortogonal a 45° con relación a las direcciones de los hilos 11 verticales y los hilos
 113 horizontales son añadidos al grupo de hilos de rejilla cuadrada formado por los hilos 111 verticales y los hilos
 113 horizontales.

40 Aquí, el efecto de unión para la placa 5 de acero de capa superficial por el grupo 11 de hilos de rejilla se describirá
 con referencia a la Figura 4. La Figura 4 es una vista explicativa que ilustra un ejemplo del efecto de unión para la
 placa de acero de capa superficial por el grupo de hilos de rejilla de acuerdo con esta realización. Nótese que en la
 Figura 4, los hilos 111 verticales y los hilos 113 horizontales se muestran mediante líneas sólidas por facilidad de la
 explicación.

45 En esta realización, el grupo 11 de hilos de rejilla está contenido en la capa 10 de núcleo. Se supone que, como se
 ilustra en la vista izquierda de la Figura 4, el grupo 11 de hilos de rejilla es, por ejemplo, procesado a tracción por
 medio de una fuerza T a lo largo de la dirección de los hilos 111 verticales. Luego, como se ilustra en la vista
 derecha de la Figura 4, se produce una deformación por tracción en la dirección de los hilos 111 verticales, mientras
 que no se produce ninguna deformación por tracción en la dirección de los hilos 113 horizontales. Es decir, la
 50 abertura w_{L2} vertical después del procesado a tracción es mayor que la abertura w_{L1} vertical antes del procesado a
 tracción, pero la abertura w_{H2} horizontal después del procesado a tracción es sustancialmente igual que la abertura
 w_{H1} horizontal antes del procesado a tracción, y la abertura horizontal casi no cambia antes y después del procesado
 a tracción.

55 Por tanto, cuando la capa 10 de núcleo tiene el grupo 11 de hilos de rejilla, si los hilos (hilos 111 verticales e hilos
 113 horizontales) que forman el grupo 11 de hilos de rejilla están parcialmente dispuestos en perpendicular a la
 dirección de la deformación a compresión o deformación a tracción durante el curvado, los hilos que forman el grupo
 11 de hilos de rejilla no se deforman, y se obtiene un efecto de deformación de Poisson de unión de la placa 5 de
 acero de capa superficial. Mediante este efecto de unión, puede aumentarse el módulo de Young E_s de la placa 5 de
 60 acero de capa superficial, y es posible aumentar de manera eficiente la rigidez E_I de la placa 1 de acero laminada
 representada por la siguiente expresión (4). Además, dicho efecto de unión aparece por el uso del grupo 11 de hilos
 de rejilla, y no puede obtenerse, por ejemplo, mediante el troquelado de un material de placa de metal o similar.

$$E_I = (1/12) E_s [(t_s + t_c)^3 - t_c^3] + 1/12 E_c t_c^3 \quad \dots (4)$$

65 (En la expresión anterior (4), E_I es la rigidez de la placa 1 de acero laminado, E_s es el módulo de Young de la placa
 5 de acero de capa superficial, E_c es el módulo de Young de la capa 10 de núcleo, t_s es el grosor de la placa 5 de

acero de capa superficial, y t_c es el grosor de la capa 10 de núcleo).

En esta realización, al disponer los hilos (hilos 111 verticales e hilos 113 horizontales) en perpendicular a la dirección de deformación según se ha descrito anteriormente a la vez que se asegura la isotropía, el efecto de unión de la placa 5 de acero de capa superficial se presenta en una dirección de deformación amplia. En consecuencia, como el grupo de hilos de rejilla contenido en la capa 10 de núcleo, preferiblemente, se utiliza el grupo 11' de hilos de rejilla donde unas ligaduras (hilos) 117 en una dirección oblicua según 45° con respecto de la dirección de los hilos 111 verticales y los hilos 113 horizontales son añadidos al grupo de hilos de rejilla cuadrada formado por los hilos 111 verticales y los hilos 113 horizontales.

<Laminación de los grupos de hilos de rejilla>

Como se ha descrito anteriormente, puede haber un grupo 11 de hilos de rejilla contenido en la capa 10 de núcleo de acuerdo con esta realización, o pueden laminarse dos o más grupos de hilos de rejilla. Además, uno o más grupos 11 de hilos de rejilla pueden disponerse de manera aleatoria bidimensionalmente. Además, cuando se laminan dos o más grupos, se incluye el caso en el que la lámina 13 de resina se lamina entre dos grupos 11 de hilos de rejilla. En particular, en esta realización, cuando se laminan n capas (n es dos o más) de grupos 11 de hilos de rejilla en la capa 10 de núcleo para aumentar la isotropía de la capa 10 de núcleo, es posible desplazar la dirección de los hilos que forman el grupo 11 de hilos de rejilla de cada capa una cierta dirección según los ángulos $360/3n^\circ$ o más y $360/n^\circ$ o menos entre las capas adyacentes de los grupos 11 de hilos de rejilla, para laminar los grupos 1 de hilos de rejilla de las capas respectivas. Para ilustrar dicho método de laminación, existe un método para laminar cuatro capas de modo que en el grupo 11 de hilos de rejilla más bajo, los grupos 11 de hilos de rejilla como capas superiores del mismo son laminados rotados cada uno de ellos 45° . Desde un punto de vista de aumentar la isotropía, preferiblemente, el número n de capas de grupos 11 de hilos de rejilla se aumenta y los grupos 11 de hilos de rejilla son laminados siendo rotados cada uno de ellos pequeños ángulos ($360/3n^\circ$ hasta $360/3n^\circ$ cada uno). Por otro lado, desde un punto de vista de la racionalidad económica, preferiblemente se establece un límite superior para el número de capas. Por tanto, preferiblemente, el número de grupos 11 de hilos de rejilla a laminar es mayor de dos y menor de 20. Además, cuando se laminan dos o más grupos 11 de hilos de rejilla, los respectivos grupos de hilos de rejilla pueden disponerse en paralelo sin rotación.

Aquí, con referencia a la Figura 5, se describirá un ejemplo preferido del caso en el que la capa 10 de núcleo tiene una estructura en la que se laminan tres o más grupos 11 de hilos de rejilla. La Figura 5 es una vista de una sección transversal que ilustra la estructura de un ejemplo modificado de una placa 1' de acero laminado de acuerdo con esta realización.

Como se ilustra en la Figura 5, la capa 10 de núcleo en la placa 1' de acero laminado tiene una estructura en la que una lámina 13 de resina, un grupo 11A de hilos de rejilla, una lámina 13 de resina, un grupo 11B de hilos de rejilla, una lámina 13 de resina, un grupo 11C de hilos de rejilla, y una lámina 13 de resina son laminados en este orden desde el lado de la placa 5 de acero de capa superficial. Entonces, la abertura w_A de los dos grupos 11A, 11C de hilos de rejilla dispuestos en un lado cerca de la placa 5 de acero de capa superficial es más pequeña que la abertura w_B del grupo 11B de hilos de rejilla dispuesto en un lado alejado de la placa 5 de acero de capa superficial. Por tanto, es preferido que la abertura del grupo de hilos de rejilla dispuesto en un lado alejado con respecto de una posición central en la dirección del grosor de la capa de núcleo sea más pequeño que la abertura del grupo de hilos de rejilla dispuestos en un lado cercano con respecto de la posición central en la dirección del grosor de la capa de núcleo. Esto es debido al siguiente motivo.

Generalmente, una porción central en una dirección del grosor de una placa de acero tiene una contribución relativamente pequeña a la rigidez o resistencia a los golpes. En consecuencia, el grupo 11B de hilos de rejilla con una abertura grande y una resistencia pequeña se dispone en la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo de la placa 1 de acero laminado que tiene una contribución a la rigidez y a la resistencia a los golpes relativamente baja para reducir aún más el peso. Por otro lado, en el lado de la placa 5 de acero de capa superficial que tiene una contribución a la rigidez y la resistencia a los golpes relativamente alta, se disponen los grupos 11A, 11C que tienen una abertura pequeña y una alta resistencia, para asegurar la rigidez y la resistencia a los golpes. Por tanto, en la placa 1' de acero laminado de acuerdo con el ejemplo modificado de esta realización, la abertura w_A de los grupos 11A, 11C de hilos de rejilla en el lado de la placa 5 de acero de capa superficial se hace relativamente más pequeña, y la abertura w_B del grupo 11B de hilos de rejilla dispuestos en el lado central de la capa 10 de núcleo se hace relativamente más grande.

Además, cuando se lamina una pluralidad de grupos 11 de hilos de rejilla y láminas 13 de resina, puede usarse un adhesivo o similar, que se describirá más adelante, para unir los respectivos grupos 11 de hilos de rejilla y las láminas 13 de resina. Además, cuando se unen directamente dos grupos 11 de hilos de rejilla, puede añadirse una fuerza de unión con respecto de la deformación por cizalladura soldando o entrelazando un punto de unión para aumentar una fuerza de fricción en el punto de unión.

<Material para los hilos>

En esta realización, para los hilos que forman la rejilla, hilos con una resistencia a la tracción de 601 MPa o superior serán suficiente, y son concebibles los siguientes hilos metálicos, inorgánicos, orgánicos. Entre otros, los hilos

metálicos son más preferidos porque, cuando los comportamientos ante la deformación son similares entre la capa de núcleo y las capas superficiales, y se aplica una gran deformación como por ejemplo un curvado, la capa de núcleo y las capas superficiales se deforman integralmente en las mismas. El más preferido desde este punto de vista es un cable de acero. Como cables metálicos, existen los cables de acero de acero al carbono cuyo contenido en carbono es del 0,24% o más, acero inoxidable austenítico basado en ferrita y similares, hilos de cobre basados en cobre, estaño, bronce, bronce al fósforo y similares, hilos de níquel, aleaciones de níquel/cobre, níquel/cromo, níquel/cromo/molibdeno y similares, hilos de titanio, hilos de aluminio, y similares. Además, en el caso de hilos basados en hierro, se pueden llevar a cabo procedimientos públicos como el recubrimiento tal como recubrimiento de cinc, recubrimiento de Ni, recubrimiento de estaño, recubrimiento de cobre, o similares. Además, como hilos inorgánicos, existen fibras inorgánicas tales como las basadas en PAN, fibras de carbono basadas en el paso, fibras de vidrio, fibras de alúmina, y fibras de carburo de silicio. Además, como hilos orgánicos, existen fibras orgánicas de alta resistencia y alto módulo tales como las fibras de aramida, fibras de poliarilato, fibras de poliolefina de alta resistencia (por ejemplo, fibra de alta resistencia denominada fibras de polietileno de alto polímero, o similares).

15 <Composición de los hilos de acero>

Cuando se usan hilos de acero para el grupo 11 de hilos de rejilla en esta realización, es preferido que el contenido en carbono de los mismos sea de 0,24% en masa o más. Al ser el contenido de carbono de los hilos de acero de 0,24% en masa o más, se puede asegurar la resistencia a la tracción de los hilos de acero. Por ejemplo, cuando la densidad de hilos de acero en la capa 10 de núcleo disminuye hasta una densidad de placa requerida (relación de masa de las placas de acero en la capa 10 de núcleo), es posible asegurar la resistencia a la tracción y la resistencia a la deformación del grupo 11 de hilos de rejilla de la capa 10 de núcleo cuando la placa 1 de acero laminado es procesado o requerida en un producto después de ser procesada. En consecuencia, es posible reducir el peso de la placa 1 de acero laminado suficientemente a la vez que se mantiene una alta rigidez y resistencia a los golpes de la placa 1 de acero laminado.

Por otro lado, cuando el contenido de carbono de los hilos de acero es menor de 0,24% en masa, la resistencia a la tracción y el límite elástico de los hilos de acero disminuyen. Por tanto, a no ser que la resistencia del hilo de acero de la capa 10 de núcleo aumente y se refuerce, no se puede asegurar la resistencia a la tracción y límite elástico necesarios de la capa 10 de núcleo, y el peso de la placa 1 de acero laminado no puede reducirse suficientemente. Además, como hilos de acero, se pueden usar preferiblemente los JIS G 3506-2004, JIS G 3502-2004, o similares, aunque los hilos de acero no se limitan a estos y se pueden utilizar cualesquiera hilos de acero que satisfagan la composición anteriormente descrita como hilos de acero para formar el grupo 11 de hilos de rejilla de esta realización.

Además, desde un punto de vista de mejorar aún más la resistencia a la tracción y el límite elástico de la capa 10 de núcleo, es preferido que el contenido en carbono de los hilos de acero sea de 0,60% en masa o más. En consecuencia, incluso cuando la densidad de placa de la capa 10 de núcleo desciende más de lo convencional, la resistencia a la tracción y el límite elástico de la capa 10 de núcleo puede asegurarse lo suficiente, y por tanto es posible conseguir un alto nivel de ligereza compatible con la rigidez y la resistencia a los golpes. Por otro lado, cuando el contenido en carbono de los hilos de acero es demasiado algo, el grupo 11 de hilos de rejilla de la capa 10 de núcleo se vuelve demasiado duro. Por tanto, puede ocurrir que el control de la abertura del grupo 11 de hilos de rejilla en intervalos tan pequeños como diez veces el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial se dificulte. Desde este punto de vista, es preferido que el contenido en carbono de los hilos de acero sea de 0,96% o menos.

45 (Estructura de la lámina de resina)

A continuación, se describirá la estructura de la lámina 13 de resina de acuerdo con esta realización. Como material de base para la lámina 13 de resina de acuerdo con esta realización, no existe limitación particular para el tipo de resina. Puede usarse una lámina de resina formada por una resina termoplástica, una resina termoendurecible, un cuerpo elastomérico, o similar, o una mezcla de una o más de las anteriores. Específicamente, ejemplos del tipo de resina para la lámina 13 de resina incluyen láminas de resina basadas en vinilo de propósito general de poliestireno, polimetil metacrilato, cloruro de vinilo duro o blando, polietileno de alta densidad o baja densidad o baja densidad lineal, polipropileno, y similares, láminas de resina basadas en elastómeros de ionómero, elastómero basado en poliolefina, elastómero basado en estireno, o similares, láminas de resina de poliéster de policarbonato, polietileno tereftalato, polibutileno tereftalato, poliarilato, o similares, láminas de resina de poliamida de nailon-6, de nailon-66, de nailon-12, o similares, láminas de resina de poliimida, láminas de resina de carbonato de poliéster, láminas de resina de termoplástico de condensación de éter de polifenileno, o similares, láminas de resina termoplástica de resina de epoxi, resina de fenol, resina de urea, resina de melanina de poliéster, o similares, y una mezcla de las mismas. Además, con el propósito de reformar la formabilidad de la lámina, la resistencia a los golpes y similares de la lámina 13 de resina, es posible mezclar en la resina anteriormente descrita un polímero de condensación de resina de haluro de vinilo de poliestireno, polimetil metacrilato, cloruro de vinilo duro o blando, o similares, resinas de propósito general basadas en vinilo de polietileno de alta densidad o baja densidad o baja densidad lineal, polipropileno, poliolefina amorfa, o similares, resinas basadas en elastómero de ionómero, elastómero basado en poliolefina de copolímero de etileno propileno, copolímero de etileno buteno, copolímero de acetato de etileno vinilo, o similares, elastómero basado en estireno, o similares, policarbonato o similares.

Como la lámina 13 de resina está reforzada con el grupo 11 de hilos de rejilla, tiene una excelente estabilidad de

forma a altas temperaturas en comparación con láminas de resina que no incluyen un material de refuerzo como el grupo 11 de hilos de rejilla. Por tanto, aunque no es necesario especificar la resistencia al calor del material de base de la lámina 13 de resina, cuando se trata de una lámina 13 de resina amorfa, es preferido que su temperatura de transición vítrea sea de 100° C o mayor. Además, cuando es una lámina 13 de resina cristalina, es preferido que su punto de fusión sea de 120° C o mayor. En una lámina 13 de resina usando un material de base cuya temperatura de transición vítrea y punto de fusión (temperatura de cristalización) estén fuera de tales rangos de temperatura, se produce una deformación progresiva localmente durante el pintado en caliente, y pueden producirse irregularidades correspondientes a las porciones 115 de orificio del grupo 11 de hilos de rejilla en la superficie de la placa 5 de acero de capa superficial.

Además, para asegurar la adhesión de la placa 5 de acero de capa superficial y el grupo 11 de hilos de rejilla con la lámina 13 de resina, es preferido que la lámina 13 de resina contenga una resina en la que se introduce un grupo polar, como un grupo carboxilo, un grupo de ácido anhídrido, un grupo fosfato, grupo sulfónico, sal metálica o un grupo activo de los mismos, grupo epoxi, grupo hidroxilo, grupo amino, grupo carbonilo, grupo de enlace de éster, grupo de enlace de carbonato, grupo de enlace de amida, grupo de enlace de imida, o similares.

Por los motivos anteriores, el material de base de resina más preferido para la lámina 13 de resina es una resina de poliéster o resina de poliamida, y más específicamente, tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, nailon-6, nailon-66, nailon-12, o similares son particularmente preferidos. La lámina 13 de resina que usa tal material de base de resina presenta resistencia al calor y una adhesión favorable entre la placa 5 de acero de capa superficial y puede asegurarse el grupo 11 de hilos de rejilla con la lámina 13 de resina debido a un grupo polar tal como un grupo éster, grupo amida, o grupo carboxilo de extremo, grupo hidroxilo, grupo amino, o similares en una cadena de moléculas. Además, una lámina 13 de resina de este tipo presenta un excelente equilibrio de propiedades mecánicas tales como resistencia y dureza. Más preferiblemente, se trata de una lámina 13 de resina que usa una resina de poliéster o resina de poliamida que usa un grupo carboxilo permanece 70% o más de un extremo de cadena de moléculas como material de base de resina. Entre varios elementos de sustitución, el grupo carboxilo tiene la mayor adhesión con la placa 5 de acero de capa superficial y el grupo 11 de hilos de rejilla, y por tanto cuando más grupo carboxilo contenga el material de base de resina, mayor será la adhesión de la lámina 13 de resina con la placa 5 de acero de capa superficial y el grupo 11 de hilos de rejilla. Además, las resinas anteriormente descritas se obtienen mediante polimerización mediante el sellado de un extremo con un compuesto químico que contienen un grupo carboxilo 2-funcional o más, en el que se une ligeramente un monómero más que contiene un grupo carboxilo, o similar. Además, la relación restante del grupo de carboxilo de extremo puede calcularse a partir de una relación entre una raíz de extremo obtenida mediante una dosificación de neutralización de un material de base de resina, disuelto en un disolvente que tiene una afinidad, con una solución alcalina, y una raíz de extremo calculada a partir de un peso molecular medio obtenido mediante SEC (Size Exclusion Chromatography, Cromatografía por Extrusión de Tamaño).

Además, en la lámina 13 de resina de acuerdo con esta realización, preferiblemente se usa una espuma como material de base de resina para conseguir un efecto de reducción de peso. En este caso, la relación de expansión de la resina es preferiblemente de dos o más, más preferiblemente de cuatro o más, y aún más preferiblemente de diez o más, de modo que presente un efecto de reducción de peso suficiente. Por otro lado, la relación de expansión de la espuma es preferiblemente de 15 o menos. Esto es porque aunque es posible que exista un efecto de mejora de la resistencia a la compresión de la capa 10 de núcleo por el efecto de refuerzo del grupo 11 de hilos de rejilla incluso cuando la relación de expansión es mayor de 15, el módulo elástico y la resistencia a la cizalladura disminuyen significativamente, produciéndose fácilmente un fallo por cizalladura u ondulación superficial cuando se procesa la placa 1 de acero laminado.

Cuando se usa espuma como material de base de resina de la lámina 13 de resina, es preferible que las burbujas se dispersen de manera que la distancia entre burbujas adyacentes sea de 0,1 μm o mayor y 5 μm o menor. Al hacer que la distancia entre burbujas adyacentes sea de 0,1 μm o mayor, las tensiones se concentran en la interfaz entre las burbujas finamente dispersadas y una resina de matriz, y como resultado las tensiones pueden dispersarse en la totalidad de la placa 1 de acero laminado. Además, mediante el control de la distancia entre burbujas adyacentes para que sea de 5 μm o menor, el área de deformación plástica formada por las tensiones que se concentran en la interfaz entre las burbujas y la resina de matriz puede ser continua, evitando así la transmisión de grietas y mejorando la dureza de la lámina 13 de resina. Como resultado, incluso cuando la placa 1 de acero laminado se somete a un procesamiento intenso en frío, es posible evitar la destrucción por la lámina 13 de resina mediante el uso de la espuma. Un rango más preferido de distancia entre burbujas adyacentes es de 2,0 μm o menor, más preferiblemente 1,0 μm o menor. Cuanto menor sea la distancia entre burbujas adyacentes, más fácil será que el área de deformación plástica se vuelva continua y más fácil la mejora de dureza de la lámina 13 de resina.

Además, preferiblemente, el diámetro medio de burbuja de la espuma usada como material de base de resina de la lámina 13 de resina se controla para que sea 0,1 μm o mayor, y 10 μm o menor. Cuando el diámetro medio de burbuja es menor de 0,1 μm de burbuja, es difícil concentrar tensiones en la interfaz entre las burbujas y la resina de matriz. Por otro lado, cuando el diámetro medio de burbuja es mayor de 10 μm de burbuja, es difícil controlar la distancia entre burbujas adyacentes para que esté en el rango preferido anteriormente descrito. A partir de este punto de vista, el diámetro de burbuja medio es preferiblemente de 5 μm o menor, más preferiblemente de 3 μm o menor.

5 Aquí, la distancia entre burbujas adyacentes y el diámetro medio de burbuja pueden evaluarse observando una sección transversal de la lámina 13 de resina con un microscopio electrónico o similar, y llevando a cabo un procesamiento de la imagen o similar. Específicamente, se digitaliza una imagen de microscopio de una sección transversal, y se puede calcular el diámetro de burbuja medio como un valor medio de un diámetro circular equivalente como diámetro cuando se sustituye por el área de un círculo. Además, la distancia entre burbujas adyacentes puede estimarse a partir de una distancia entre circunferencias de burbujas según una línea recta que une los centros de las burbujas.

10 Además, la lámina 13 de resina de acuerdo con esta realización puede ser sometida a un tratamiento superficial conocido públicamente tal como un tratamiento de corona, tratamiento de plasma, o tratamiento UV, para aumentar una tensión superficial crítica, mejorando así la adhesión con la placa 5 de acero de capa superficial y el adhesivo. Desde un punto de vista de asegurar la adhesión con la placa 5 de acero de capa superficial, es preferido que la tensión superficial crítica sea controlada para que sea 45 dyn/cm (mN/m) o mayor mediante el tratamiento superficial antes de que la lámina 13 de resina sea laminada. Además, cuando la lámina 13 de resina es laminada mediante un adhesivo, es preferido el uso de un adhesivo, que se describirá más adelante, para la adhesión y estabilidad de forma resistente al calor.

20 Aquí, en esta realización, preferiblemente, el grupo 11 de hilos de rejilla está embebido en la lámina 13 de resina. Aquí, la expresión "el grupo 11 de hilos de rejilla está embebido a la lámina 13 de resina" significa un estado en el que una porción que corresponde al 90% o más del volumen de todo el grupo 11 de hilos de resina está envuelto en la lámina 13 de resina. Al embeber el grupo 11 de hilos de rejilla en la lámina 13 de resina, puede aumentarse el módulo elástico y la resistencia a la tracción de la capa 10 de núcleo, y puede aumentarse la rigidez y la resistencia a los golpes. Además, al embeber el grupo 11 de hilos de rejilla en la lámina 13 de resina, se consigue un contacto entre la placa 5 de acero de capa superficial y el grupo 11 de hilos de rejilla o entre los grupos 11 de hilos de rejilla a través de la lámina 13 de resina. Por tanto, la lámina 13 de resina puede jugar el papel de miembro de absorción de golpes para mejorar el rendimiento de la amortiguación de la placa 1 de acero laminado. Además, al embeber el grupo 11 de hilos de rejilla en la lámina 13 de resina, puede reducirse el peso a la vez que se asegura un mayor grosor que en el caso de únicamente un grupo 11 de hilos de rejilla. Además, incluso cuando se usa el grupo 11 de hilos de rejilla que tiene las porciones 115 de orificio, las porciones 115 de orificio pueden llenarse con la resina, y por tanto el área de contacto entre la capa 10 de núcleo y la placa 5 de acero de capa superficial puede aumentarse para mejorar la adhesión entre la capa 10 de núcleo y la placa 5 de acero de capa superficial. Además, puede evitarse la corrosión mediante la supresión de la adhesión de agua a la parte interior de la placa 5 de acero de capa superficial debido a la condensación de vaho o similar, y por tanto también se puede mejorar la resistencia a la corrosión de la placa 1 de acero laminado.

35 Además, es preferible que el grosor de la lámina 13 de resina sea mayor del 40% del grosor del grupo 11 de hilos de rejilla. Cuando el grosor de la lámina 13 de resina es igual o menor del 40% del grosor del grupo 11 de hilos de rejilla, puede ocurrir que la placa 1 de acero laminado no tenga un rendimiento de amortiguación suficiente.

40 (Estructura de la placa de acero de capa superficial)

La placa 5 de acero de capa superficial de acuerdo con esta realización no está particularmente limitada. Específicamente, es posible usar, por ejemplo, una placa de acero como por ejemplo una placa de acero recubierta de estaño o estaño delgado, una placa de acero tratada con ácido de cromo electrolítico (acero sin estaño), una placa de acero recubierta de níquel, o similar, una placa de acero mediante inmersión en caliente tal como una placa de acero galvanizado obtenida mediante inmersión en caliente, una placa de acero obtenida mediante inmersión en caliente recubierta de aleación de hierro galvanizado, una placa de acero obtenida mediante inmersión en caliente recubierta de aleación de magnesio-aluminio-cinc, una placa de acero obtenida mediante inmersión en caliente recubierta de aleación de aluminio-silicio, una placa de acero obtenida mediante inmersión en caliente recubierta de aleación de plomo-estaño, o similar, una placa de acero con un tratamiento superficial de placa de acero con recubrimiento electrolítico o similar, tal como una placa de acero con galvanización electrolítica, una placa de acero recubierta de níquel con galvanización electrolítica, una placa de acero recubierta de aleación de hierro con galvanización electrolítica, una placa de acero recubierta de aleación de cromo con galvanización electrolítica, o similar, una placa de acero laminada en frío, una placa de acero laminada en caliente, una placa de acero inoxidable, o similar. Además, la placa 5 de acero de capa superficial puede ser una placa de acero con un tratamiento superficial tal como una placa de acero pintada, una capa de acero impresa, una capa de acero laminada con un film, o similares.

60 Además, es posible laminar la capa 10 de núcleo entre diferentes tipos de placas de acero. Específicamente, en una aplicación donde es necesario un curvado o embutición profunda o similar, es posible laminar la capa 10 de núcleo entre placas de acero con resistencias diferentes, se usa un acero blando en una superficie que tiene un radio de curvatura r pequeño y que es difícil de procesar, y se usa un acero de alta resistencia para la otra superficie para asegurar la resistencia.

65 Además, es posible llevar a cabo un tratamiento superficial conocido públicamente sobre la superficie de la placa 5 de acero de capa superficial de acuerdo con esta realización, para mejorar la resistencia a la adhesión y la corrosión. Ejemplos de dicho tratamiento superficial incluyen tratamiento de cromato (de tipo reactivo, de tipo de

recubrimiento, electrolítico), tratamiento de fosfato, tratamiento de resina orgánica, y similares, aunque no se limitan a los mismos.

(Unión de la lámina de resina y la placa de acero de capa superficial o el grupo de hilos de rejilla)

5 A continuación, se describirá la unión de la lámina 13 de resina y la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla.

10 La unión de la lámina 13 de resina y la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla de acuerdo con esta realización puede significar unir mediante la laminación directa de la lámina 13 de resina sobre la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla o unir mediante la laminación de una capa de adhesivo entre la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla y la lámina 13 de resina. Cuando se lamina la capa adhesiva, es necesario que el adhesivo tenga afinidad tanto con la lámina 13 de resina como con la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla. Un criterio relativo a la afinidad del adhesivo con la lámina 13 de resina es que una diferencia en el parámetro de solubilidad entre el adhesivo y la lámina 13 de resina sea de 6 MJ/m^3 o menor. Alternativamente, en caso de que la lámina 13 de resina tenga un grupo polar, un criterio es que un grupo funcional (incluyendo un grupo de acoplamiento) capaz de formar, con este grupo polar, una unión química tal como una unión covalente, una unión de hidrógeno, un efecto de interacción de iones, una unión de coordenadas, o similares, o una unión física o similar que no está acompañada por el movimiento de cargas, sea introducido en el adhesivo. El parámetro de solubilidad puede estimarse mediante el método de Fedors o Small o similar a partir de una estructura química o similar de una unidad que forma. La diferencia en el parámetro de solubilidad entre el adhesivo y la lámina 13 de resina es preferiblemente de 6 MJ/m^3 o menor, más preferiblemente de 3 MJ/m^3 o menor, aún más preferiblemente 2 MJ/m^3 o menor. Cuanto menor sea la diferencia en el parámetro de solubilidad entre el adhesivo y la lámina 13 de resina, más mejora la compatibilidad entre ambos y la adhesión inicial.

25 Por otro lado, puede evaluarse una adhesión adecuada entre la lámina 13 de resina en la práctica y el adhesivo mediante la adherencia de dos láminas 13 de resina con un adhesivo y la medida de una resistencia T de separación. En este caso, la resistencia T de separación es preferiblemente de 20 N/cm o mayor, más preferiblemente 30 N/cm o mayor, aún más preferiblemente 45 N/cm o mayor, y aún más preferiblemente 60 N/cm o mayor. Además, cuando la resistencia de separación es menor de 20 N/cm, la resistencia de adhesión inicial justo después de que la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla se ha laminado es pequeña, y puede producirse una delaminación en la interfaz entre la lámina 13 de resina y el adhesivo durante el procesado o el calentamiento tras el procesado.

35 La afinidad práctica de la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla con el adhesivo puede evaluarse mediante un test de separación T (JIS Z 0238) de una pieza de test obtenida mediante la unión de dos placas 5 de acero de capa superficial o dos grupos 11 de hilos de rejilla con un adhesivo. La resistencia de separación T en este caso está preferiblemente dentro de un rango de resistencia similar entre la lámina 13 de resina y el adhesivo. Específicamente, de un modo similar a la interfaz entre la lámina 13 de resina y el adhesivo, es preferida una resistencia T de separación de 20 N/cm. Cuando la resistencia T de separación es menor de 20 N/cm, la interfaz entre la placa 5 de acero de capa superficial (o el grupo 11 de hilos de rejilla) y el adhesivo dificulta la adhesión, y puede producirse la delaminación durante el procesamiento o calentamiento de la placa 1 de acero laminado. Además, la resistencia T de separación de la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla con el adhesivo es más preferiblemente de 30 N/cm o mayor, todavía más preferiblemente 45 N/cm o mayor, y aún más preferiblemente 60 N/cm o mayor.

45 Además, para retener la estabilidad de forma resistente al calor después de haber sido procesado, un módulo G' de almacenamiento del adhesivo a 100° C a 160° C es preferiblemente de 0,05 MPa o mayor y 100 GPa o menor. Cuando se conforma la placa 1 de acero laminado, se producen tensiones residuales en la interfaz entre la placa 5 de acero de capa superficial (o el grupo 11 de hilos de rejilla) y el adhesivo. Cuando el producto conformado de la placa 1 de acero laminado se calienta hasta la temperatura descrita, si el módulo G' de almacenamiento del adhesivo es menor que 0,05 MPa, la capa adhesiva se deforma progresivamente debido a estas tensiones residuales, lo que puede conducir a la destrucción de la capa adhesiva o al comienzo de la delaminación de la capa adhesiva. A partir de este punto de vista, el módulo G' de almacenamiento del adhesivo a 100° C hasta 160° C es más preferiblemente de 1,0 MPa o mayor, aún más preferiblemente de 5 MPa o mayor. Por otro lado, cuando el módulo G' de almacenamiento del adhesivo es mayor de 100 GPa, el módulo G' de almacenamiento a temperatura ambiente aumenta, y por tanto disminuye la capacidad de procesamiento disminuye. En consecuencia, puede ocurrir que la capa adhesiva resulte destruida cuando la placa 1 de acero laminado es procesada, o que se produzca fácilmente una delaminación empezando por la capa adhesiva. Además, el módulo G' de almacenamiento del adhesivo puede evaluarse mediante el valor más alto del módulo de almacenamiento del adhesivo medido en frecuencias de 0,1 Hz a 10 Hz. Un film adhesivo que está entrecruzado y curado mediante la adición de la misma historia térmica que un estado de laminación en el caso de un adhesivo termoendurecible, o un film adhesivo en el caso de un adhesivo termoplástico, puede ser medido a través de un aparato de medida de la viscosidad dinámica conocido públicamente.

65 Además, una relación $\tan \delta (=G''/G')$ entre un módulo G'' de pérdida a la temperatura mencionada anteriormente de

la capa adhesiva y el módulo G' de almacenamiento es preferiblemente $\tan \delta < 1$, más preferiblemente $\tan \delta < 0,8$, aún más preferiblemente $\tan \delta < 0,5$, todavía más preferiblemente $\tan \delta < 0,1$. Cuanto más pequeño sea $\tan \delta$, más se suprime la deformación progresiva de la capa de adhesivo debido a las tensiones residuales cuando se calienta y la forma puede ser estable. Por otro lado, cuando $\tan \delta \geq 1$, la capa adhesiva puede fluir de manera viscosa cuando el producto se calienta hasta la temperatura anteriormente mencionada y provocar una forma inestable, o puede producirse una deformación progresiva y destrucción y provocar así la delaminación.

Ejemplos del adhesivo que se puede usar para la capa adhesiva incluyen adhesivos termoendurecibles basados en resina tales como resina de urea, resina de melanina, resina de fenol, resina de resorcinol, resina de epoxi, base de poliéster, base de poliuretano, base de poliamida, base de polibencimidazol, base de acrilato, y similares, adhesivos termoplásticos basados en resina de base de resina de vinil acetato, base de acetal de polivinilo, base de resina basada en acetato de etileno vinilo, base de cloruro de vinilo, acrílicos, base de resina de acrilato, base de poliamida, base de celulosa, base de poliéster, base de poliolefina, y similares, adhesivos naturales de asfalto, goma natural, proteína, almidón, y similares, adhesivo basado en elastómero de goma de nitrilo, goma basada en estireno, base de polisulfuro, base de goma de butilo, base de goma de silicio, base de goma acrílica, base de goma de silicio modificado, base de goma de uretano, base de goma de uretano sililación, y similares, adhesivos inorgánicos tales como agente de acoplamiento de silano de γ -glicidoxipropiltrimetoxilano o β - (3, 4 - epoxiciclohexil) etiltrimetoxilano, y similares y agente de acoplamiento de titanio, y similares que pueden seleccionarse en correspondencia con la lamina 13 de resina. Cuando la lamina 13 de resina es una resina basada en poliamida o resina basada en poliéster, basada en poliuretano, basada en poliéster, son preferidos adhesivos basados en poliamida debido a su afinidad tanto con la lamina 13 de resina como con la placa 5 de acero de capa superficial (o el grupo 11 de hilos de rejilla). Además, debido a la resistencia al calor del adhesivo, es preferido un adhesivo reactivo de fusión con calor obtenido mediante la adición de un agente de entrecruzamiento a tales materiales de base de adhesivo. Entre otros, un adhesivo termoimpregnado reactivo basado en poliéster obtenido mediante la adición de un agente de entrecruzamiento a un material de base de adhesivo basado en poliéster es particularmente preferido con respecto a la capacidad de manejo.

Un ejemplo del material de base de poliéster que se puede utilizar para el adhesivo termoimpregnado reactivo es poliéster saturado formado de un residuo de diol y un residuo de ácido dicarboxílico, que se ejemplifican arriba. Entre otros, un poliéster de copolímero formado de varios residuos de diol o varios residuos de ácido dicarboxílico o una combinación de los mismos es preferida porque reduce el grado de cristalización y mejora la adhesividad. Específicamente, es preferido un poliéster en el que, con componentes principales de 1,4-butadiol y un residuo de ácido tereftálico, se copolimericen otros residuos de diolo o residuos de ácido dicarboxílico. Más ejemplos específicos incluyen "Vylon" fabricado por Toyobo, "Hardec" fabricado por Asahi Kasei, "KEMIT" fabricado por Toray, "Aron Melt PES" fabricado por Toagosei, "Polyester" fabricado por Nippon Synthetic Chemical Industry, y similares. Son preferidos tipos cristalinos a tipos amorfos en vista de su resistencia al calor.

Ejemplos del agente de entrecruzamiento que puede utilizarse para el adhesivo termoimpregnado reactivo incluyen imidazola, isocianato, resina de epoxi, compuesto químico de novolac de fenol, compuesto de melanina, y similares. Entre otros, es particularmente preferido un compuesto químico de isocianato debido a la controlabilidad de la velocidad de la reacción de entrecruzamiento. El compuesto químico de isocianato es un compuesto químico de isocianato de serie aromática o serie alifática que tiene dos o más grupos funcionales de isocianato y una mezcla de los mismos. Específicamente, existen compuestos químicos de isocianato de serie aromática tal como el compuesto de diisocianato difenilmetano (MDI), el MDI modificado de carbodiimida, el difenilmetano 4,4'-diisocianato, el difenilmetano-2,2'-diisocianato, el difenilmetano-2,4'-diisocianato, el oligómero fenilmetileno isocianato (TDI), el tetrametil xileno diisocianato (TMXDI), el naftileno diisocianato, el trifenilmetano triisocianato, y similares, diisocianatos de serie alifática tales como el isoforonediiisocianato, hexametileno diisocianato, diisocianato aromático hidrogenado, poliisocianato alifático, poliisocianato alicíclico, y similares, y triisocianato, y poliisocianato.

(Unión del grupo de hilos de rejilla y la placa de acero de capa superficial)

A continuación, como el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial pueden unirse directamente en esta realización, se describirá la unión del grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial en esta realización. En primer lugar, la adhesión preferida entre el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial puede evaluarse mediante la resistencia a la separación. El grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial de esta realización preferiblemente se unen con la resistencia de separación de 5 N/cm o mayor. Cuando la resistencia de separación es menor de 5 N/cm, las placas 5 de acero de capa superficial en ambas caras de la capa 10 de núcleo se convierten en un cuerpo y no se deforman durante la deformación por curvado o una deformación a tracción de la placa 1 de acero laminado, y puede ocurrir que la placa 1 de acero laminado no tenga la rigidez y resistencia a los golpes. Para hacer que un desplazamiento de las placas de acero de capa superficial de ambas caras de la capa 10 de núcleo mediante cizalladura durante una deformación por curvado de la placa 1 de acero laminado sea pequeño, la resistencia de separación es preferiblemente de 25 N/cm o mayor, más preferiblemente 40 N/cm o mayor, aún más preferiblemente 60 N/cm o mayor. Además, la resistencia de separación puede ser evaluada mediante el test de separación T de JIS Z0238.

En el caso en que el grupo 11 de hilos de rejilla es una rejilla de hilos formada por hilos de acero, se puede aplicar un método de unión de materiales de acero públicamente conocido al método de unión del grupo 11 de hilos de

rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial. Específicamente, por ejemplo, se pueden utilizar la unión por adhesión, unión cobresoldada, soldadura, o similares.

5 Cuando el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial se unen por adhesión, se utiliza un adhesivo como material de unión. En este momento, para retener la estabilidad de forma resistente al calor después del procesamiento, un módulo G' de almacenamiento del adhesivo a 100° C hasta 160° C es preferiblemente de 0,05 MPa o superior y 100 GPa o inferior. Como se ha descrito anteriormente, cuando se conforma la placa 1 de acero laminado, se producen tensiones residuales en la interfaz entre la placa 5 de acero de capa superficial (o el grupo 11 de hilos de rejilla) y el adhesivo. Cuando un producto conformado de la placa 1 de acero laminado se calienta hasta la temperatura anteriormente mencionada (100° C hasta 160° C), si el módulo G' de almacenamiento del adhesivo es menor de 0,05 MPa, la capa de adhesivo se deforma de manera progresiva debido a estas tensiones residuales, lo que puede provocar la destrucción de la capa de adhesivo o un principio de delaminación desde la capa adhesiva. Para evitar la deformación progresiva de la capa adhesiva de manera más segura, el módulo G' de almacenamiento del adhesivo es más preferiblemente de 1,0 MPa o mayor, aún más preferiblemente 5 MPa o mayor. Por otro lado, cuando el módulo G' de almacenamiento del adhesivo es mayor de 100 GPa, el módulo G' de almacenamiento a temperatura ambiente crece, y por tanto la capacidad de procesamiento disminuye. En consecuencia, puede ocurrir que la capa adhesiva se destruya cuando la placa 1 de acero laminado es procesada, o que se produzca delaminación fácilmente comenzando por la capa adhesiva. Además, el módulo G' de almacenamiento del adhesivo puede ser evaluado por un valor más grande del módulo de almacenamiento del adhesivo medido a frecuencias de 0,1 Hz hasta 10 Hz. Un film adhesivo entrecruzado y curado mediante la adición del mismo historial térmico que un estado de laminación en el caso de un adhesivo termoendurecible, o un film adhesivo en el caso de un adhesivo termoplástico, pueden ser medidos mediante un aparato de medida de la viscosidad dinámica públicamente conocido.

25 Además, una relación $\tan \delta (=G''/G')$ entre un módulo G'' de pérdidas a 100° C hasta 160° C de la capa de adhesivo y el módulo G' de almacenamiento es preferiblemente $\tan \delta < 1$, más preferiblemente $\tan \delta < 0,8$, aún más preferiblemente $\tan \delta < 0,5$, y aún más preferiblemente $\tan \delta < 0,1$. Cuando más pequeño es $\tan \delta$, más deformación progresiva de la capa adhesiva por las tensiones residuales se suprime cuando se calienta y la forma puede ser estable. Por otro lado, cuando $\tan \delta \geq 1$, la capa adhesiva puede fluir de forma viscosa cuando el producto se calienta a 100° C hasta 160° C y provocar una forma inestable, o puede producirse deformación progresiva y destrucción, y provocar delaminación.

35 Ejemplos específicos del adhesivo que puede utilizarse como material de unión para el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial incluyen aquellos similares a los adhesivos anteriormente descritos usados para unir la lámina 13 de resina y la placa 5 de acero de capa superficial o el grupo 11 de hilos de rejilla.

40 Cuando el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial se unen mediante una unión cobresoldada, se usa un agente de cobresoldadura como el material de unión. Ejemplos de material de cobresoldadura que pueden usarse en este momento incluyen aleaciones para soldar blandas formadas por una aleación de plomo, estaño, antimonio, cadmio, cinc y/o similares, aleaciones para soldar duras tales como agente de soldadura basado en Ni-Cr, aleaciones para soldar de cobre, aleaciones para soldar de oro, aleaciones para soldar de paladio, aleaciones para soldar de plata, aleaciones para soldar de aluminio, y similares.

45 Cuando el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial se unen mediante soldadura, se puede usar un método de soldadura conocido públicamente. Ejemplos específicos del método de soldadura incluyen soldadura resistente tal como soldadura por puntos, soldadura continua, y similares, soldadura por haz de electrones, soldadura láser, soldadura por arco, y similares.

50 Además, cuando el grupo 11 de hilos de rejilla es una rejilla de hilo formada por hilos de acero, es necesario mantener una estructura metálica inicial de hilos de acero, para retener la resistencia de los hilos de acero. Desde ese punto de vista, la temperatura de unión cuando se une el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial es preferiblemente 400° C o menos de modo que no se produce una transformación de fase de la estructura de acero, más preferiblemente 300° C o menos, aún más preferiblemente 200° C o menos, aún más preferiblemente 100° C o menos. Además, si es posible unir el grupo 11 de hilos de rejilla y la placa 5 de acero de capa superficial por debajo de 100° C, se puede evitar el deterioro por envejecimiento de la placa 5 de acero de capa superficial, y se facilita un procesado intenso.

(Grosor de la placa de acero laminado)

60 El grosor de la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta invención no está particularmente limitado, y puede modificarse según sea adecuado de acuerdo con las características deseadas. Por ejemplo, cuando se desea dar prioridad a la rigidez y a la resistencia a los golpes como características de la placa 1 de acero laminado, puede determinarse el grosor de la placa 1 de acero laminado con la expresión (3) o la expresión (4) anteriormente descritas o similar dependiendo de la estructura (diámetro de hilo, abertura, límite elástico, y similar) del grupo 11 de hilos de rejilla seleccionado.

65 El grosor total y una relación de grosor estructural (relación de grosor entre la placa 5 de acero de capa superficial y

ES 2 566 650 T3

la capa 10 de núcleo) de la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización no están particularmente limitados y pueden determinarse basándose en un balance entre el grosor y la rigidez D de la placa 5 de acero de capa superficial y la ligereza. Específicamente, los grosores necesarios de la capa 10 de núcleo y la placa 5 de acero de capa superficial pueden determinarse a partir de la rigidez deseada y la densidad de placa (gravedad ρ específica de placa de acero) de acuerdo con las siguientes expresiones (5) a (7).

$$D = 1 / 3 [(E_1 - E_2) (y_1 - y_e)^3 + (E_2 - E_3) (y_2 - y_e)^3 + E_1 y_e^3 + E_3 (h - y_e)^3] \quad \dots (5)$$

$$Y_e = [e_1 - E_2] y_1^2 + (E_2 - E_3) y_2^2 + E_3 h^2 / [2 ((E_1 - E_2) y_1 + (E_2 - E_3) y_2 + E_3 h)] \quad \dots (6)$$

$$\rho = [7,8 (h - y_2 + y_1) + \rho_{\text{capa de núcleo}} (y_2 - y_1)] / h \quad \dots (7)$$

(En las expresiones (5) a (7) anteriores, E_1 es el módulo de Young de la placa 5A de acero de capa superficial en el lado de la cara inferior, E_2 es el módulo de Young de la capa 10 de núcleo, E_3 es el módulo de Young de la placa 5B de acero de capa superficial en el lado de la cara superior, y_1 es el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial, y_2 es y_1 + el grosor de la capa 10 de núcleo, y_e es la coordenada y de un eje neutral, h es y_2 + grosor de la placa 5A de acero de capa superficial en el lado de la cara superior, y $\rho_{\text{capa de núcleo}}$ es la densidad de la capa de núcleo).

Además, un grosor preferido de la placa 5 de acero de capa superficial es 0,2 mm hasta 2,0 mm, y un grosor preferido de la capa 10 de núcleo es 0,1 mm hasta 3,0 mm. Cuando el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial es menor de 0,2 mm, puede producirse fácilmente ondulación superficial durante el curvado. Por otro lado, cuando el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial es mayor de 2,0 mm, es fácil que el efecto de reducción de peso se vuelva insuficiente. Desde un punto de vista de la reducción de peso, el grosor de la placa 5 de acero de capa superficial es más preferiblemente 1,0 mm o menor. Por otro lado, cuando el grosor de la capa 10 de núcleo es menor que 0,1 mm, no se puede obtener el grosor total de la placa 1 de acero laminado, y por tanto puede ser difícil aumentar la rigidez a la vez que se mantiene la ligereza. Además, cuando el grosor de la capa 10 de núcleo es mayor que 3,0 mm, el grosor de la propia placa 1 de acero laminado crece, y por tanto las tensiones por curvado aplicadas a la placa 5 de acero de capa superficial crecen y es fácil que se produzca ondulación superficial de las placas de acero.

Además, en la placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización, la capa 10 de núcleo puede laminarse entre las placas 5 de acero de capa superficial con un grosor diferente. Por tanto, la placa de acero de capa superficial gruesa puede establecerse como una porción con un radio de curvatura grande que se va a procesar, para mejorar su manejabilidad. Además, cuando la placa 5 de acero de capa superficial, el grupo 11 de hilos de rejilla, y la lámina 13 de resina se unen entre sí con un adhesivo, el grosor de la capa de adhesivo no está particularmente limitado porque puede proporcionarse una resistencia al calor y durabilidad suficientes a la capa adhesiva cuando el módulo G' de almacenamiento es 0,05 MPa o mayor y 100 GPa o menor en todo el rango de temperaturas de 100° C hasta 160° C, incluso si el grosor se hace pequeño. Sin embargo, desde un punto de vista de eficiencia económica, el grosor de la capa adhesiva es preferiblemente de 30 μm o menor. Además, para mostrar suficientemente el efecto de la capa adhesiva, el grosor de la capa adhesiva es más preferiblemente 1 μm o mayor.

(Método de fabricación de la placa de acero laminado)

A continuación, se describirá con detalle un método de fabricación de la placa 1 de acero laminado que tiene la estructura anteriormente descrita.

La placa 1 de acero laminado de acuerdo con esta realización puede fabricarse aplicando un método de laminación de placa de acero conocido públicamente. Específicamente, puede fabricarse mediante los siguientes procesos, o similares.

(1) Se utilizan hilos de acero que tienen un contenido en carbono de 0,24 % en masa o más para fabricar el grupo 11 de hilos de rejilla.

(2) Se aplica un material de unión (adhesivo, agente de cobresoldadura, o similares) según se requiera sobre ambas caras de la capa 10 de núcleo (uno o más grupos 11 de hilos de rejilla, una o más láminas 13 de resina). Entonces, cuando se pretende formar la capa 10 de núcleo que tiene la estructura ilustrada en la Figura 1 por ejemplo, se laminan la placa 5A de acero de capa superficial, la lámina 13 de resina, el grupo 11 de hilos de rejilla, la lámina 13 de resina, el grupo 11 de hilos de rejilla, la lámina 13 de resina, y la placa 5B de acero de capa superficial en este orden, y se comprimen a temperatura ambiente o mientras se calientan.

Además, la estructura de la capa 10 de núcleo no está limitada al ejemplo ilustrado en la Figura 1, y puede tener una porción donde los grupos 11 de hilos de rejilla o las láminas 13 de resina se laminan de manera secuencial. Además, en el proceso de (2), la capa 10 de núcleo y las placas 5A, 5B de acero de capa superficial pueden unirse directamente sin usar el adhesivo. Además, ejemplos específicos del material de unión y el método de unión son según se ha descrito más arriba.

[Segunda realización]

A continuación, se describirá la estructura global de la placa de acero laminado de acuerdo con una segunda

realización de la presente invención haciendo referencia a la Figura 6. La Figura 6 es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura global de una placa 2 de acero laminado de acuerdo con esta realización.

5 Como se ilustra en la Figura 6, la placa 2 de acero laminado de acuerdo con esta realización tiene una estructura en la que las placas 5 de acero de capa superficial (5A, 5B) son laminadas respectivamente en ambas caras de la capa 10 de núcleo, de manera similar a la placa 1 de acero laminado de acuerdo con la primera realización. Es decir, la placa 2 de acero laminado tiene una estructura en la que la capa 10 de núcleo es laminada sobre la placa 5A de acero de capa superficial, y la placa 5B de acero de capa superficial se lamina sobre la misma. De un modo similar a la primera realización, la capa 10 de núcleo es una capa formada por uno o más grupos 11 de hilos de rejilla formados con forma de rejilla usando hilos y una o más láminas 13 de resina donde se forma un material de base de resina en forma de lámina. Sin embargo, como se ilustra en la Figura 6, la placa 2 de acero laminado de acuerdo con esta realización difiere de la primera realización en que los grupos 11 de hilo de rejilla están situados cerca de los lados de la placa 5 de acero de capa superficial.

15 Aunque la Figura 6 ilustra un ejemplo en el que los grupos 11 de hilos de rejilla se unen directamente a las placas 5 de acero de capa superficial, no siempre es necesario unir directamente los grupos 11 de hilo de rejilla y las placas 5 de acero de capa superficial. Una lámina de resina más delgada que la lámina 13 de resina laminada entre los dos grupos 11 de hilos de rejilla puede laminarse entre las placas 5 de acero de capa superficial y los grupos 11 de hilos de rejilla, y los grupos 11 de hilos de rejilla pueden situarse cerca de los lados de las placas 5 de acero de capa superficial en toda la capa 10 de núcleo. Desde un punto de vista de mejorar un rendimiento de amortiguación, la adhesión y la resistencia a la corrosión, que son efectos de los grupos 11 de hilos de rejilla por las láminas 13 de resina anteriormente descritas, es bastante preferido que la capa más superficial de la capa 10 de núcleo en contacto con la placa 5 de acero de capa superficial esté hecha de la lámina 13 de resina.

25 Además, aunque la Figura 6 ilustra un ejemplo en el que los dos grupos 11 de hilos de rejilla están respectivamente situados cerca de los lados de las placas 5A, 5B de acero de capa superficial, no es necesario que cada uno de los grupos 11 de hilos de rejilla esté situado cerca de los lados de las placas 5A, 5B de acero de capa superficial. Dos o más grupos 11 de hilos de rejilla pueden laminarse sobre una o ambas placas 5A, 5B de acero de capa superficial. Este caso también incluye el caso en el que la lámina 13 de resina es laminada entre grupos 11 de hilos de rejilla adyacentes.

35 Mediante los grupos 11 de hilos de rejilla así situados cerca de los lados de las placas 5 de acero de capa superficial en la capa 10 de núcleo, la distancia entre el eje neutral y el grupo 11 de hilos de rejilla cuando la placa 2 de acero laminado es procesada crece, y la rigidez y la resistencia a los golpes de la placa 2 de acero laminado puede mejorarse más eficientemente. Por tanto, como placas de acero para aplicaciones en los que se demandan particularmente rigidez y resistencia a los golpes, es preferible usar la placa 2 de acero laminada de acuerdo con esta realización.

40 Además, la otra estructura y método de fabricación de la placa 2 de acero laminado son similares a los de la primera realización descrita anteriormente, y por tanto se emiten descripciones detalladas de los mismos.

[Tercera realización]

45 A continuación, se describirá con referencia a la Figura 7 la estructura global de una placa de acero laminado de acuerdo con una tercera realización de la presente invención. La Figura 7 es una vista de una sección transversal que ilustra un ejemplo de la estructura global de una placa 3 de acero laminado de acuerdo con esta realización.

50 Como se ilustra en la Figura 7, la placa 3 de acero laminado de acuerdo con esta realización tiene una estructura en la que unas placas 5 (5A, 5B) de acero de capa superficial son laminadas respectivamente sobre ambas caras de la capa 10 de núcleo, de un modo similar a la placa 1 de acero laminado de acuerdo con la primera realización. Es decir, la placa 3 de acero laminado tiene una estructura en la que la capa 10 de núcleo es laminada sobre la placa 5A de acero de capa superficial, y la placa 5B de acero de capa superficial se lamina sobre la misma. Similarmente a la primera realización, la capa 10 de núcleo es una capa formada por uno o más grupos 11 de hilos de rejilla formados en forma de rejilla usando hilos y una o más láminas 13 de resina donde un material de base de resina se forma con una forma de lámina. Sin embargo, como se ilustra en la Figura 7, la placa 3 de acero laminado de acuerdo con esta realización difiere de la primera realización en que los grupos 11 de hilos de rejilla se colocan al bias en un lado de porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo.

60 Aunque la Figura 7 ilustra un ejemplo en el que dos grupos 11 de hilos de rejilla están unidos directamente cerca de la porción de centro en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo, no siempre es necesario unir directamente los dos grupos 11 de hilos de rejilla. Una lámina de resina más delgada que la lámina 13 de resina laminada entre los dos grupos 11 de hilos de rejilla y la placa 5 (5A, 5B) de acero de capa superficial puede ser laminada entre los dos grupos 11 de hilos de rejilla, y los dos grupos 11 de hilos de rejilla pueden situarse al bias en el lado de la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo en toda la capa 10 de núcleo.

65 Además, aunque la Figura 7 ilustra un ejemplo en el que los dos grupos 11 de hilos de rejilla se sitúan al bias en el

lado de la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo, no es necesario que sean dos los grupos 11 de hilos de rejilla situados en el lado de la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo. Pueden laminarse tres o más grupos 11 de hilos de rejilla en el lado de la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo. Este caso incluye el caso en el que la lámina 13 de resina es laminada entre grupos 11 de hilos de rejilla adyacentes.

Por tanto, mediante los grupos 11 de hilos de rejilla situados al bias en el lado de la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo, el eje neutral ya no se desplaza por la deformación de cizalladura en la capa 10 de núcleo incluso cuando se curva y se deforma. Por otro lado, en las primera y segunda realizaciones descritas anteriormente, la porción central de la capa 10 de núcleo no se refuerza suficientemente por medio del grupo 11 de hilos de rejilla, y por tanto el eje neutral se desplaza hacia dentro del curvado cuando se curva y deforma durante la deformación por cizalladura de la capa 10 de núcleo, y el radio de curvatura aumenta. En este punto, en la placa 3 de acero laminada de acuerdo con esta realización, es posible que aparezcan deformación a compresión y deformación a tracción, y las tensiones se pueden dispersar a lo largo de una superficie amplia en comparación con las placas 1, 2 de acero laminado de acuerdo con las realizaciones primera y segunda. Por tanto, es posible mejorar la ductilidad de la placa 3 de acero laminado usando la capa 10 de núcleo de acuerdo con esta realización. Por tanto, para placas de acero en aplicaciones en las que la ductilidad es particularmente importante, preferiblemente se utiliza la placa 3 de acero laminado de esta realización.

Aquí, se describirá con detalle el efecto de mejora de la ductilidad por medio de la placa 3 de acero laminado de acuerdo con esta realización haciendo referencia a la Figura 8A y la Figura 8B. La Figura 8A y la Figura 8B son ejemplos de vistas que ilustran un ejemplo de una diferencia en el comportamiento de deformación de curvado entre la placa de acero laminado de acuerdo con la primera realización y la placa de acero laminado de acuerdo con esta realización de la presente invención. La Figura 8A ilustra un comportamiento de deformación de curvado de la placa de acero laminado de acuerdo con la primera realización, y la Figura 8B ilustra un comportamiento de deformación de curvado de la placa de acero laminado de acuerdo con la tercera realización.

En primer lugar, como se ilustra en la Figura 8A, por ejemplo, cuando la placa 1 de acero laminado de acuerdo con la primera realización se curva usando un rodillo R, el grupo 11 de hilos de rejilla con un mayor límite elástico que la lámina 13 de resina se encuentra en una posición relativamente cercana a la placa 5 de acero de capa superficial. En consecuencia, el eje C neutral se desplaza hacia dentro (lado del rodillo R) en lugar de la porción central en la dirección del grosor de la placa 1 de acero laminado durante la deformación de curvado, y por tanto el radio de curvatura se hace grande. Además, cuando la placa 1 de acero laminado se curva y se deforma, se concentran en una estrecha superficie una porción 1a donde las tensiones a tracción son grandes y una porción 1b donde las tensiones a compresión son grandes. Por tanto, la desviación de la fractura de la placa 1 de acero laminado es relativamente pequeña, y la ductilidad puede volverse ligeramente insuficiente en aplicaciones donde es necesaria la ductilidad en particular, o similares.

Por otro lado, como se ilustra en la Figura 8B, por ejemplo, cuando la placa 3 de acero laminado de acuerdo con esta realización se curva usando el rodillo R, el grupo 11 de hilos de rejilla que tiene un mayor límite elástico que la lámina 13 de resina se encuentra en una posición alejada de la placa 5 de acero de capa superficial. En consecuencia, el eje C neutral no se desplaza más hacia dentro (lado del rodillo R) que la porción central en la dirección del grosor de la placa 1 de acero laminado durante la deformación por curvado, y el radio de curvatura puede hacerse pequeño. Además, cuando la placa 3 de acero laminado se curva y deforma, pueden dispersarse por una superficie amplia una porción 3a donde las tensiones a tracción son grandes y una porción 3b donde las tensiones a compresión son grandes. Por tanto, en la placa 3 de acero laminado en la que los grupos 11 de hilos de rejilla están situados al bias en la porción central en la dirección del grosor de la capa 10 de núcleo, puede aumentarse la desviación de fracturas, y puede mejorarse la ductilidad más que la placa 1 de acero laminado.

Además, la otra estructura y método de fabricación de la placa 3 de acero laminado son similares a los de la primera realización descrita anteriormente, y por tanto se omiten descripciones detalladas.

[Sumario]

Las placas de acero laminado de acuerdo con la primera y tercera realizaciones de la presente invención descritas son ligeras, muy rígidas y resistentes a los golpes, y presentan una excelente manejabilidad y estabilidad de forma resistente al calor después de ser procesadas, incluso cuando se someten a un procesamiento intenso tal como curvado, embutición profunda, o similares. Además, en las placas de acero laminado de acuerdo con las realizaciones anteriormente descritas, la capa 10 de núcleo tiene la lámina 13 de resina además del grupo 11 de hilos de rejilla, y de ese modo se puede mejorar el rendimiento de amortiguación. Por tanto, las placas de acero laminado de acuerdo con las realizaciones primera a tercera de la presente invención pueden utilizarse como miembros para automóviles, electrodomésticos, mobiliario, aparatos automáticos de oficina, y similares, y pueden utilizarse preferiblemente como placas de acero particularmente para partes de lámina que se pintan después de ser conformadas a través de un procesamiento intenso tal como embutición, curvado, perfilado, o similares.

EJEMPLO

En adelante, se describirá la presente invención más específicamente usando ejemplos.

(Placas de acero, grupos de hilos de rejilla, y láminas de rejilla utilizados)

En este ejemplo y los ejemplos comparativos, las placas de acero de capa superficial que se ilustran en la Tabla 1, las rejillas de hilos (grupos de hilos de rejilla) que se ilustran en la Tabla 2, y las láminas de resina que se ilustran en la Tabla 1, se utilizaron para fabricar placas de acero laminado. Aquí, las aleaciones basadas en PET de la Tabla 3 son una aleación con una relación de masas de PET (RN163 fabricada por Toyobo) / ionómero (Himilan 1706 fabricada por Mitsui DuPont) / goma basada en etileno (EBM2401P fabricada por JSR) de 80 partes en masa / 10 partes en masa / 10 partes en masa. Además, para las espumas (láminas de espuma) usadas en este ejemplo y los ejemplos comparativos ilustrados en la Tabla 3, una aleación basada en PET y una lámina de nailon fueron impregnados con CO₂ supercrítico a 20 MPa y 32° C, a continuación se liberó la presión, y se transformaron en espuma mediante un calentamiento a 260° C, 240° C respectivamente. Después, tras el calentamiento, se enfriaron hasta los 0° C para detener el crecimiento de burbujas, obteniéndose así las láminas de espuma que se ilustran en la Tabla 3. Además, mediante el ajuste del tiempo de impregnación de CO₂ supercrítico, el tiempo de calentamiento y el tiempo de enfriamiento, se controlaron las relaciones de espuma y los diámetros de burbuja de las láminas de espuma. Además, el “entrelazado simple + 45°” de la columna “entrelazado” de la Tabla 2 denota un caso en que se entrelazan unos hilos oblicuos según una dirección que forma 45° con respecto de las direcciones de los hilos verticales y los hilos horizontales para obtener una rejilla de hilos con entrelazado simple.

[Tabla 1]

Tabla 1. Estructura de la placa de acero de capa superficial

Placa de acero de capa superficial	Recubrimiento	Grosor (mm)	Resistencia a tracción (MPa)
1	GI	0,27	340
2	TFS	0,22	400
3	GA	0,8	270
4	SUS304	0,8	630
5	GA	1	1000

20

[Tabla 2]

Tabla 2. Estructura de la rejilla de hilos

Rejilla de hilos de capa de núcleo	Cable de acero			Entrelazado				Entrelazado
	Diámetro de hilo (µm)	[C] x 10 ⁻² % masa	Resistencia tracción MPa	Abertura * (µm)	Grosor (µm)	Tasa de abertura (%)	Densidad de placa (g/cm ²)	
1	500	26	1000	2176	1000	66	0,2652	Entrelazado simple
2	300	75	2700	700	600	77	0,10764	Entrelazado simple
3	25	60	3000	85	50	60	0,0156	Entrelazado simple
4	100	75	2700	700	200	70	0,0468	Entrelazado simple + 45°
5	100	75	2700	700	200	77	0,03588	Entrelazado ondulado simple
6	100	75	2700	700	200	77	0,03588	Parte superior plana
7	500	26	1000	300 1500	1000	41	0,27612	Pantalla ton-cap
8	500	26	1000	1500	1000	45	0,2145	Rejilla de hilos hexagonal
9	25	60	3000	20	50	20	0,0312	Entrelazado simple
10	500	20	600	2176	1000	66	0,2652	Entrelazado simple
11	500	26	3000	10000	1000	90	0,078	Entrelazado simple

[Tabla 3]
Tabla 3. Estructura de la lámina de resina

Lámina de resina	Material base de resina	Relación de expansión	Diámetro medio de burbuja (μm)	Distancia entre burbujas más adyacentes (μm)
1	Aleación basada en PET	Ninguno		
2	Aleación basada en PET	Dos veces	1	0,5
3	Nailon-6	Dos veces	1,5	1
4	PP	Dos veces	1,5	1

(Fabricación de rejillas de hilos embebidas en resina)

5 A continuación, se obtuvieron rejillas de hilos embebidas en resinas, donde las rejillas de hilos ilustradas en la Tabla 2 se embebieron en las láminas de resina ilustradas en la Tabla 3. Específicamente, en primer lugar, un adhesivo ilustrado en la Tabla 4 siguiente se extendió sobre una cara de una lámina de resina de un grosor 0,55 veces el de las rejillas de hilos. A continuación, la lámina de resina fue laminada sobre ambas caras de las rejillas de hilos de modo que la cara de la resina sobre la cual se extendió el adhesivo entró en contacto con la rejilla de hilos, uniéndose mediante presión a una temperatura predeterminada (260° C cuando la lámina de resina era la aleación basada en PET o 240° C cuando la lámina de resina era de nailon) y una presión predeterminada (10 kgf/cm² hasta 10 kgf/cm² hasta 40 kgf/cm² (0,98 MPa hasta 2,92 MPa)), obteniéndose así las rejillas de hilos N° 1 hasta 15 embebidas en resina como se ilustra en la Tabla 4 siguiente. Además, entre las rejillas de hilos N° 1 hasta 15 embebidas en resina, para aquellas en las que se usaron varias rejillas de hilos, primero, se hicieron rejillas de hilo embebidas en resina, donde una rejilla de hilos fue embebida en una lámina de resina según se describió anteriormente. A continuación, se extendió el adhesivo sobre superficies de las rejillas de hilos obtenidas embebidas en resina, y las rejillas de hilos embebidas en resina fueron laminadas de modo que las respectivas caras recubiertas con adhesivo de las rejillas de hilos embebidas en resina entren en contacto unas con otras, luego fueron calentadas y unidas a presión, obteniendo así rejillas de hilos embebidas en resina con varias rejillas de hilos laminadas (N° 3 hasta N° 6, N° 9, N° 12) con varias rejillas de hilos laminadas.

20

[Tabla 4]
Tabla 4. Rejillas de hilos embebidas en resina

Rejillas de hilos embebidas en resina	Rejilla de hilos				Lámina de resina		Rejilla de hilos embebida en resina	
	Rejilla de hilos	Número de rejillas de hilo	Grosor (mm)	Densidad de placa (g/cm^2)	Lámina	Densidad de placa (g/cm^2)	Grosor (mm)	Densidad de placa (g/cm^2)
1	1	1	1	0,27	2	0,06	1,07	0,3
2	2	1	0,6	0,11	2	0,04	0,642	0,1
3	3	10	0,5	0,16	2	0,03	0,535	0,2
4	4	5	1	0,18	2	0,06	1,07	0,2
5	5	5	1	0,18	2	0,06	1,07	0,2
6	6	5	1	0,18	2	0,06	1,07	0,2
7	7	1	1	0,28	2	0,06	1,07	0,3
8	8	1	1	0,21	2	0,06	1,07	0,3
9	9	10	0,5	0,31	2	0,03	0,535	0,3
10	1	1	1	0,27	1	0,14	1,07	0,4
11	1	1	1	0,27	3	0,06	1,07	0,3
12	3	10 laminados en cada rotación de 36°	0,5	0,16	2	0,03	0,535	0,2
13	10	1	1	0,27	2	0,06	1,07	0,3
14	11	1	1	0,08	2	0,06	1,07	0,1
15	1	1	1	0,27	4	0,05	0,04	0,3
16	3	10	0,5	0,16	2	0,10	2,15	0,3
17	3	10	0,5	0,16	2	0,10	2,15	0,3
18	3	10	0,5	0,16	2	0,10	2,15	0,3
19	4,5	Central de 5 superior e inferior: seis de 3	0,5	0,13	2	0,10	2,15	0,3

Además, adicionalmente a las rejillas de hilos N° 1 a N° 15 embebidas en resina, una lámina de espuma de aleación basada en PET que tiene un grosor de 150 µm y una rejilla de hilos fueron laminados repetidamente en este orden durante diez capas. Además, la lámina de espuma de aleación basada en PET que tiene un grosor de 150 µm fue laminada sobre la cara superior (la cara más superior), y fueron sometidas a unión mediante termocompresión bajo las condiciones anteriormente descritas, obteniendo así la rejilla de hilos N° 16 embebida en resina ilustrada en la Tabla 4. En la rejilla de hilos N° 16 embebida en resina de este modo, las rejillas de hilos se dispusieron de manera uniforme en la resina de la capa de núcleo.

Además, adicionalmente a las rejillas de hilos N° 1 hasta N° 15 embebidas en resina, se laminaron cinco rejillas de hilos en cada una de ambas caras de una lámina de espuma de aleación basada en PET cada una de las cuales tiene un grosor de 1350 µm con el adhesivo que se ilustra en la Tabla 5 extendido en ambas caras. Entonces, se laminó una aleación basada en PET que tiene un grosor de 1500 µm en cada rejilla de hilos en ambas caras, y se sometieron a unión mediante termocompresión bajo las condiciones anteriormente descritas, obteniendo así la rejilla de hilos N° 17 embebida en resina ilustrada en la Tabla 4. En la rejilla de hilos N° 17 embebida en resina de este modo, las rejillas de hilos se ubicaron cerca de las porciones de superficie superior e inferior (lados de las placas de acero de capa superficial) de la capa de resina en la capa de núcleo.

[Tabla 5]
Tabla 5. Composición de la capa adhesiva

	Material de base	Agente de curado	Material de base / agente de curado	G'	tan δ
Adhesivo 1	PES314S30	Coronatel	100/5	1 ~ 30 MPa	0,3
G' (Módulo de almacenamiento), tan δ es un valor de medida dinámica (10Hz) a 100° C hasta 160° C					

Además, adicionalmente a las rejillas de hilos N° 1 a N° 15 embebidas en resina, se unieron rejillas de hilos adyacentes para tener diez rejillas de hilos laminadas. Entonces, se laminó una lámina de espuma de aleación basada en PET con un grosor de 1100 µm sobre ambas caras superior e inferior de las rejillas de hilos laminadas, y se sometieron a unión por termocompresión bajo las condiciones anteriormente descritas, obteniéndose la rejilla de hilos N° 18 embebida en resina ilustrada en la Tabla 4. En la rejilla de hilos N° 18 embebida en resina de este modo, las rejillas de hilos se disponen al bias en la porción central (lado central en la dirección del grosor de la capa de núcleo) de la capa de resina en la capa de núcleo.

Además, en las rejillas de hilos N° 1 a N° 18 embebidas en resina, las respectivas rejillas de hilos laminadas o las rejillas de hilos y las láminas de resina fueron unidas usando el adhesivo ilustrado en la Tabla 5.

(Producción de la placa de acero laminada)

Como método de producción específico de la placa de acero laminada de este ejemplo, en primer lugar, el adhesivo ilustrado en la Tabla 5 fue extendido sobre una cara de una placa de acero de 300 mm x 300 mm ilustrada en la Tabla 1. A continuación, la placa de acero, la rejilla de hilos embebida en la resina, y la placa de acero fueron laminados en este orden con el adhesivo en contacto con la rejilla de hilos embebida en resina obtenida según se describió anteriormente, obteniéndose así un cuerpo laminado. A continuación, se calentó hasta la temperatura predeterminada (260° C cuando la lámina de resina es la aleación basada en PET o 240° C cuando la lámina de resina es de nailon). Entonces, se utilizó un calzo con un grosor predeterminado para rodear cuatro caras del cuerpo laminado, y se sometió a unión mediante termocompresión durante dos minutos con una fuerza de compresión de 10 kgf / cm² hasta 40 kgf / cm² (0,98 MPa hasta 2,92 MPa) y a continuación se refrigeró hasta la temperatura ambiente, obteniéndose así cada placa de acero laminada de los ejemplos N° 1 hasta N° 25 ilustradas en la Tabla 6.

[Tabla 6]
Tabla 6. Estructura de placa de acero laminado

Ejemplo	Estructura de placa de acero laminado				
	Placa de acero de capa superficial	Capa de núcleo			Grosor total (g/cm ²)
		Rejilla de hilos embebida en resina	Grosor (mm)	Densidad de placa (g/cm ²)	
1	1	1	1,07	0,33	1,61
2	1	2	0,64	0,15	1,182
3	1	3	0,54	0,19	1,075
4	1	4	1,07	0,24	1,61
5	1	5	1,07	0,24	1,61
6	1	6	1,07	0,24	1,61
7	1	7	1,07	0,34	1,61
8	1	8	1,07	0,28	1,61
9	1	9	0,54	0,34	1,075
10	1	10	1,07	0,40	1,61
11	1	11	1,07	0,33	1,61

ES 2 566 650 T3

12	1	12	0,54	0,19	1,08
13	1	4	0,54	0,19	1,075
14	2	1	1,07	0,33	1,43
15	3	1	1,07	0,33	2,67
16	4	1	1,07	0,33	2,67
17	5	1	1,07	0,33	3,07
18	4,5	1	1,07	0,33	2,87
19	1	15	1,07	0,33	1,61
20	1	1	1,07	0,33	1,61
21	1	12	0,54	0,19	1,08
22	1	16	2,15	0,29	2,69
23	1	17	2,15	0,29	2,69
24	1	18	2,15	0,29	2,69
25	1	19	0,54	0,15	1,075
Ejemplo comparativo 1	1	Rejilla de hilos 1	1	0,27	1,54
Ejemplo comparativo 2	1	Metal troquelado embebido en resina	1,07	0,33	1,61
Ejemplo comparativo 3	1	13	1,1	0,33	1,64
Ejemplo comparativo 4	1	14	1,1	0,14	1,64
Ejemplo comparativo 5	1	Niron reforzado con vidrio	1,28	0,27	1,82
Ejemplo comparativo 6	1	Aleación basada en forma PET	1,35	0,27	1,89
Ejemplo comparativo 7	1	Espuma PP	1,07	0,33	1,61

Además, respectivos métodos de fabricación de una placa de acero laminada en los ejemplos comparativos son como siguen.

5 (Ejemplo comparativo 1)

Después de que el adhesivo ilustrado en la Tabla 3 se extendió sobre ambas caras de la rejilla de hilos N° 1 ilustrada en la Tabla 2, se laminó la placa de acero de capa superficial N° 1 ilustrada en la Tabla 1 sobre ambas caras de esta rejilla de hilos, y se sometieron a unión por termocompresión bajo las mismas condiciones que el ejemplo 1 ilustrado en la Tabla 6, obteniendo así la placa de acero laminada del ejemplo comparativo N° 1.

10 (Ejemplo comparativo 2)
 En primer lugar, una placa de acero con un grosor de placa de 2,1 mm y una resistencia a la tracción de 980 MPa fue troquelada para formar orificios circulares con un diámetro de 2,0 mm (tasa de abertura 66 %). A continuación, la placa procesada después de ser troquelada fue embebida en una lámina de espuma de aleación basada en PET similarmente a la rejilla de hilos N° 1 embebida en resina ilustrada en la Tabla 5. A continuación, se obtuvo la placa de acero laminada del ejemplo comparativo N° 2 donde una placa procesada embebida en la resina fue capa de núcleo bajo las mismas condiciones que el ejemplo N° 1.

20 (Ejemplos comparativos 3 a 4)

Se obtuvo una placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 3 donde se embebió la rejilla de hilos N° 10 con el menor contenido en carbono mediante el mismo procedimiento que el ejemplo N° 1. Además, se obtuvo una placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 4 donde estaba embebida la rejilla de hilos N° 11 con la mayor abertura mediante el mismo procedimiento que el ejemplo N° 1.

25 (Ejemplos comparativos 5 a 6)

Una lámina de nailon que contiene fibras de vidrio (con un grosor de 1,5 mm, un contenido en fibras de vidrio de 30% en masa, y una resistencia a la tracción de 34 MPa) fue laminada entre placas 1 de acero de capa superficial de un modo similar al ejemplo N° 1, obteniéndose así la placa de acero laminada del ejemplo comparativo 5. Además, se laminó una lámina de espuma de aleación basada en PET entre las placas 1 de acero de capa superficial de un modo similar al ejemplo 1, obteniéndose así la placa de acero laminado del ejemplo comparativo 6.

30

(Ejemplo comparativo 7)

Se usó una lámina de espuma PP con un grosor de 1 mm como capa de núcleo, y se usó un PP modificado por ácido con un grosor de 0,05 mm se usó como adhesivo, obteniéndose así la placa de acero laminado del ejemplo comparativo 7 mediante el mismo procedimiento que el ejemplo 1.

(Propiedades físicas, test de rendimiento de procesado/amortiguación de las placas de acero laminado)

De cada placa de acero laminado de los ejemplos obtenidos según se ha descrito, se cortó una pieza de test (25 mm x 150 mm) de acuerdo con ASTM D-790, y se estableció una distancia entre puntos de pivote de 50 mm y se estableció una velocidad de 5 mm/min, para llevar a cabo un test de curvado de tres puntos. En este momento, en los ejemplos N° 1 a N° 19, y N° 22 a N° 24, se cortó la pieza de test de modo que la dirección longitudinal y la dirección de la anchura de la pieza de test corresponden a la dirección de las mallas tetragonales de la rejilla de hilos de la capa más inferior. Además, en los ejemplos N° 20 y N° 21, se cortó la pieza de test de modo que la dirección longitudinal y la dirección de la anchura de la pieza de test corresponden a la dirección de las líneas diagonales de las mallas tetragonales de la rejilla de hilos de la capa más inferior.

Entonces, a partir de cada pieza de test, la distorsión medida – gradiente δ de la curva de carga (calculada usando una carga de hasta 1/3 de la carga máxima) fue sustituida en la expresión (i) para calcular la rigidez D a la flexión. Además, se calculó el momento de curvado da región plástica de la placa de acero laminado usando la expresión (ii). Además, como es conocido que la resistencia a los golpes de una placa de acero presenta una correlación con el momento de curvado de una región plástica, se usó el momento de curvado de la región plástica calculado mediante la expresión (ii) como un índice de la resistencia a los golpes.

$$\delta = P_e l^3 / 48D \quad \dots (i)$$

$$M = Pl / 4b \quad \dots (ii)$$

Aquí, en la expresión (i) anterior y la expresión (ii), P_e es el valor medido, P es la carga de curvado máxima medida, δ es la magnitud de la distorsión, l es la distancia entre puntos de pivote, y b es la anchura de la pieza de test.

Además, se cortó una pieza de test de 125 mm x 30 mm de la placa de acero laminada de cada ejemplo, y se hizo una pieza de test de curvado con forma de U usando una máquina de test de embutición profunda cuadrada (r = 100 mm, BHF (Blank Holder Force, Fuerza de Soporte de Pieza): 2 tons) de 20T Máquina de Test Universal fabricada por Erichsen.

Además, se cortó una pieza de test (25 mm x 150 mm) de la placa de acero laminada de los ejemplos N° 1 a N° 24, y se midió un coeficiente de pérdidas a una segunda frecuencia de resonancia mediante un método de resonancia en voladizo en concordancia con JIS-G-0602.

(Evaluaciones)

<1. Evaluación de ligereza>

La densidad de placa ρ de cada una de las placas de acero laminado se calculó usando la expresión (iii).

$$\rho = v_a \rho_a + v_s \rho_s \quad \dots (iii)$$

Aquí, en la expresión anterior (iii), v_a y v_s son fracciones de volumen de una rejilla de hilos y una placa de acero de capa superficial, respectivamente, y ρ_a y ρ_s son densidades de placa de la rejilla de hilos y la placa de acero de capa superficial, respectivamente. Además, como el grosor de la capa adhesiva es delgado en comparación con el grosor de toda la placa de acero laminado, la influencia de la misma se consideró despreciable.

Además, a partir de la rigidez D obtenida con la expresión (i), un grosor de placa t_p de una única placa de acero de capa superficial necesaria para presentar la misma rigidez a la flexión que la de la placa de acero laminado fue calculado usando la expresión (iv), y se obtuvo una masa W_p por esta unidad de área usando la expresión (v). Se evaluó la ligereza cuando la rigidez a la flexión es constante usando una relación (W/W_p) entre la masa W por unidad de área de la placa de acero laminado y la masa W_p por unidad de área de la placa de acero de la expresión (v).

$$t_p = 12D / E \quad \dots (iv)$$

$$W_p = \rho_s t_p \quad \dots (v)$$

Aquí, en las anteriores expresiones (iv) y (v), E_s es el módulo de Young de la placa de acero de capa superficial (180 GPa en este ejemplo), y W_p es la masa por unidad de área de la placa de acero que tiene la misma rigidez que la placa de acero laminada.

ES 2 566 650 T3

<2. Evaluaciones de la rigidez a la flexión y la resistencia a los golpes>

Se calculó con la expresión (vi) la rigidez D_p de una única placa de acero que tiene la misma masa que la masa W por unidad de área de la placa de acero laminado calculada con la expresión (v). Además, se calculó una relación (D/D_p) entre la rigidez D_p obtenida con la expresión (vi) y la rigidez D de la placa de acero laminado, y se evaluó la rigidez de la placa de acero laminado. Aquí, cuando $D/D_p > 1$, se evaluó que la rigidez ha aumentado razonablemente en comparación con el caso de la placa de acero única.

$$D_p = E_s/12 (\rho / \rho_s)^3 \quad \dots (vi)$$

Similarmente a la evaluación de la rigidez a la flexión, se calculó el momento de curvado M_p de la placa de acero única de la masa por la misma unidad de área usando la expresión (vii) de un modo similar a la evaluación de la rigidez a la flexión, y se evaluó la magnitud de la resistencia a los golpes con una relación (M/M_p) entre este momento de curvado M_p de la placa de acero única y el momento de curvado M de la región plástica de la placa de acero laminado obtenida con la expresión (ii). Aquí, cuando $M/M_p > 1$, se evaluó que la resistencia a los golpes había aumentado razonablemente en comparación con el caso de la placa de acero única.

$$M_p = T_s / 4 (\rho / \rho_s)^2 \quad \dots (vii)$$

Aquí, en la expresión anterior (vii), P es la carga de curvado más alta, T_s es la resistencia a la tracción de una placa de acero de capa superficial, l es la distancia entre puntos de pivote, y b es la anchura de la pieza de test. Además, cuando T_s difiere entre las placas de acero de capa superficial de las caras superior e inferior de la capa de núcleo, se usaron los valores medios de T_s de las placas de acero de capa superficial de las caras superior e inferior como la resistencia a la tracción de las placas de acero de capa superficial.

<3. Evaluación de la ductilidad>

El curvado de las placas de acero laminado de los ejemplos N° 22 a N° 24 continuó hasta la fractura, se midió la magnitud de la desviación en el momento de la fractura, y se evaluó la ductilidad de las placas de acero laminadas usando las magnitudes de desviación medidas. Aquí, se evaluó que cuando mayor la magnitud de la desviación, mayor la ductilidad. Además, las magnitudes de desviación se midieron con una distancia de movimiento de un punto de carga.

<4. Evaluación de la validez del proceso>

Una sección transversal de una pieza en U de test de curvado se observó visualmente y con un microscopio estereoscópico, y se examinaron la presencia/ausencia de delaminación de la placa de acero de capa superficial, la destrucción u ondulación superficial de la placa de acero de capa superficial y el desplome hacia la capa de núcleo, los daños en la capa de núcleo, y la presencia/ausencia de ondulación superficial. Aquí, se evaluó que la validez del proceso es excelente cuando no existen anomalías en ninguna de las secciones. Además, se dispuso la pieza procesada en un horno calentado a 180° C, se retuvo durante 30 minutos, y a continuación se extrajo del horno y se enfrió hasta la temperatura ambiente. Entonces, después del procesamiento se evaluó la validez de la forma calentada tal como la delaminación de la placa de acero de capa superficial, la destrucción de la capa de núcleo, el flujo, y similares. Aquí, se evaluó que la validez de la forma calentada era excelente cuando no existía ninguna anomalía en ninguna de las secciones.

<5. Evaluación del rendimiento de amortiguación>

Basándose en el coeficiente de pérdidas a una segunda frecuencia resonante medida según se ha descrito anteriormente, se evaluó el rendimiento de amortiguación de las placas de acero laminadas de los ejemplos N° 1 a N° 24. Aquí, se evaluó que cuando mayor el coeficiente de pérdidas, más favorable era el rendimiento de amortiguación.

(Resultados de la evaluación)

Los resultados de la evaluación anterior se ilustran en la Tabla 7 siguiente.

[Tabla 7]

Tabla 7. Resultados de la evaluación de características

Ejemplo	Resultados de la evaluación de características						Validez procesado/estabilidad de forma de resistencia al calor/amortiguación			
	Masa de placa		Rigidez		Resistencia a golpes		Desviación fractura (mm)	Procesamiento de curvado en U	Resistencia al calor a 180° C	Factor de pérdidas
	W (g/cm ²)	W/WP	D (Nmm ²)	D/D _p	M	M/M _p				
1	0,75	0,60	60614,5	4,56	208,57	2,66		O	O	0,98
2	0,57	0,60	26458,8	4,60	140,83	3,14		O	O	0,96
3	0,61	0,70	20881,3	2,93	139,00	2,69		O	O	0,92
4	0,66	0,54	58035,8	6,28	275,84	4,48		O	O	0,95
5	0,66	0,54	59603,8	6,45	288,72	4,69		O	O	0,95

ES 2 566 650 T3

6	0,66	0,54	59603,8	6,45	248,79	4,04		O	O	0,98
7	0,76	0,60	62911,5	4,53	248,79	3,08		O	O	0,98
8	0,70	0,56	62543,9	5,80	387,89	5,69		O	O	0,98
9	0,76	0,86	22157,5	1,57	117,18	1,43		O	O	0,98
10	0,82	0,66	60614,5	3,44	208,57	2,20		O	O	0,6
11	0,75	0,60	61614,5	4,56	305,89	3,90		O	O	0,98
12	0,61	0,72	18861,9	2,65	144,28	2,79		O	O	0,92
13	0,47	0,53	21698,1	6,68	174,36	4,84		O	O	0,98
14	0,61	0,58	36257,6	5,08	165,66	2,72		O	O	0,98
15	1,58	0,71	350401,7	2,83	573,75	2,08		O	O	0,98
16	1,58	0,71	350401,7	2,83	1273,88	1,98		O	O	0,98
17	1,89	0,73	543457,2	2,55	2739,66	2,34		O	O	0,98
18	1,73	0,72	440213,6	2,68	1512,27	1,67		O	O	0,98
19	0,75	0,60	60614,5	4,52	208,57	2,65		O	O	0,98
20	0,75	0,64	50877,3	3,82	170,07	2,17		O	O	0,98
21	0,61	0,72	18861,9	2,65	144,28	2,79		O	O	0,92
22	0,71	0,39	193225,1	17,36	462,15	6,63	20	O	O	0,98
23	0,71	0,38	208441,4	18,72	982,18	14,10	18	O	O	0,98
24	0,71	0,40	180473,3	16,21	359,10	5,15	35	O	O	0,98
25	0,57	0,59	20881	2,93	139	2,69		O	O	0,94
Ejemplo comparativo 1								Δ *1		X 0,05
Ejemplo comparativo 2	0,75		47898,7	3,60	180,26	2,30				
Ejemplo comparativo 3	0,75		63652,6	4,75	156,62	1,99				
Ejemplo comparativo 4								Grieta en cara de extremo en placa de acero de capa superficial		
Ejemplo comparativo 5					136,21					
Ejemplo comparativo 6					115,92					
Ejemplo comparativo 7									X *2	

*1 tasa de ocurrencia de placa de acero de capa superficial delaminada = 2/10

*2 pérdida de resina en la cara de extremo

5 Como se ilustra en la Tabla 7, las placas de acero laminadas de los ejemplos N° 1 a N° 24 cumplían $W/W_p < 1,0$, y se descubrió que tenían una densidad de placa pequeña en comparación con una placa de acero de la misma rigidez y tenían una excelente ligereza. Además, las placas de acero laminadas de los ejemplos N° 1 a N° 24 cumplían $D/D_p > 1,0$, $M/M_p > 1,0$, y se descubrió que tienen una gran rigidez a la flexión y momento de curvado en una región plástica en comparación con una de la misma densidad de placa, y por tanto tienen una elevada rigidez y una excelente resistencia a los golpes.

10 Además, las placas de acero laminadas de los ejemplos N° 1 y N° 21 no presentaron delaminación de las placas de acero de capa superficial, destrucción u ondulación superficial de las placas de acero de capa superficial y derrumbamiento hacia la capa de núcleo, y destrucción u ondulación superficial de la capa de núcleo durante el curvado en U o calentamiento después del curvado, y se descubrió que eran capaces de mantenerse válidas durante el procesamiento o después de un calentamiento post-procesamiento.

15 Además, las placas de acero laminado de los ejemplos N° 1 a N° 24 tuvieron todas coeficientes de pérdidas de 0,5 o mayores, y se descubrió que tenían un excelente rendimiento de amortiguación.

Además, se puede especular que el motivo por el cual la rigidez D y el momento M de curvado del ejemplo N° 20 eran ligeramente pequeños en comparación con el ejemplo N° 1 es el siguiente. El ejemplo N° 1 tenía una capa de

- rejilla de hilos que contenía hilos de acero dispuestos en paralelo con la dirección de la anchura de la placa de acero de capa superficial, mientras que el ejemplo N° 20 no tenía ningún hilo de acero dispuesto en paralelo en la dirección de la anchura de la placa de acero de capa superficial. Los hilos de acero dispuestos en paralelo en la dirección de la anchura no se deforman por una carga de deformación de curvado, y por tanto limitan la deformación de Poisson de las placas de acero de capa superficial. Como resultado, se produce una fuerza de unión de las placas de acero de capa superficial en la placa de acero laminado del ejemplo N° 1 que contiene los hilos de acero, y por tanto en la placa de acero laminado del ejemplo N° 1, es concebible que el módulo de Young y el límite elástico aumenten, y aumente también la rigidez D y el momento M de curvado. Por otro lado, en la placa de acero laminado del ejemplo N° 2, como la línea diagonal de mallas de la rejilla de hilos concuerda con la dirección longitudinal y la dirección de la anchura de la pieza de test curvada, es concebible que la rejilla de hilos se deforme por cizalladura cuando se aplica la carga de curvado, y se produce un desplazamiento entre las placas de acero de capa superficial de las caras superior e inferior. Por tanto, es concebible que la rigidez D y el momento M de curvado se hagan más pequeñas que las de la placa de acero laminado del ejemplo N° 1.
- Además, la rigidez D y el momento M de curvado de la placa de acero laminado del ejemplo N° 12 y la rigidez D y el momento M de curvado de la placa de acero laminado del ejemplo N° 21 adoptaron valores casi iguales. Se especula que esto es porque las rejillas de hilos se laminaron modificando la dirección de laminación de las mismas, y se volvieron isotrópicas.
- Además, la placa de acero laminado del ejemplo N° 23 tenía una rigidez D y un momento M de curvado mayores que la placa de acero laminado del ejemplo N° 22. Concebiblemente, esto es porque las rejillas de hilos de la capa de núcleo estaban situadas cerca de los lados de las placas de acero de capa superficial, y por tanto la distancia entre las rejillas de hilos y el eje neutral era muy grande, aumentando así la rigidez D y el momento M de curvado más eficientemente.
- Además, la placa de acero laminado del ejemplo N° 24 tenía una mayor desviación de fractura que la placa de acero laminado del ejemplo N° 22, y también una excelente ductilidad. Concebiblemente, esto es porque las rejillas de hilos que tienen un límite de elasticidad elevado se dispusieron en una posición central, y por tanto se podía evitar el movimiento del eje neutral y el radio de curvatura se hizo pequeño. En realidad, el radio de curvatura de la pieza de test de curvado del ejemplo N° 24 justo antes de la fractura se obtuvo filmando la deformación de curvado con una cámara de vídeo, y procesando la imagen y calculando la forma de la pieza de test justo antes de la fractura, y resultó ser igual o menor que 1/5 del ejemplo N° 22.
- Además, la placa de acero laminado del ejemplo N° 25 era mayormente la misma que la placa de acero laminado del ejemplo N° 3 en rigidez D, momento M de curvado, manejabilidad, estabilidad de forma resistente al calor, y rendimiento de amortiguación, pero tenía una menor densidad de placa. Se especula que esto es consecuencia de utilizar la rejilla de hilos N° 5 con una gran abertura en lugar de la rejilla de hilos N° 3 en la porción central de la capa de núcleo donde las contribuciones de la rigidez D y el momento M de curvado eran pequeñas, aumentando así la rigidez D y el momento M de curvado de manera eficiente y reduciendo el peso.
- Además, en la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 1, puede producirse delaminación en la interfaz entre las placas de acero de capa superficial y las rejillas de hilos cuando se someten a curvado en U, y fue inferior que las placas de acero laminadas de los ejemplos N° 1 a N° 24 en lo que respecta a la adhesión entre las placas de acero de capa superficial y la capa de núcleo. En las placas de acero laminadas de los ejemplos N° 1 a N° 24, como las rejillas de hilos estaban embebidas en la lámina de resina, las placas de acero de capa superficial y la capa de núcleo estaban en contacto superficial. En este punto, en la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 1, las placas de acero de capa superficial y las rejillas de hilos estaban en contacto en línea o contacto en punto, y por tanto el área de contacto era pequeña, lo que se especula puede ser un motivo de la inferioridad anteriormente mencionada. Además, el coeficiente de pérdidas de la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 1 fue menor que el coeficiente de pérdidas de las placas de acero laminado de los ejemplos N° 1 a N° 24, y se descubrió que también era inferior en cuanto a rendimiento de amortiguación.
- Además, con relación al ejemplo comparativo N° 2, se evaluaron la rigidez D y el momento M de curvado por medio de un test de curvado. Como resultado, la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 2 resultó ser igual que el ejemplo N° 1 en masa W, pero era menor en cuanto a rigidez D y momento M de curvado. En el ejemplo comparativo N° 2, el material de placa procesado que se deformó de acuerdo con una deformación de Poisson durante una deformación de curvado se utilizó como capa de núcleo, mientras que el ejemplo N° 1 en el que se aplicó la presente invención utiliza las rejillas de hilos como capa de núcleo. En consecuencia, la deformación de la capa de núcleo se separó de la deformación de Poisson, y por tanto la fuerza de unión de las placas de acero de capa laminada funciona y el módulo de Young y el límite elástico aumentaron. Se especula que este efecto está provocado por el resultado anterior.
- La rigidez D y el momento M de curvado de la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° e fueron pequeños en comparación con los del ejemplo N° 1. Se especula que esto es debido a que el contenido en carbono de los hilos de acero de la rejilla de hilos N° 10 era menor del 0,24% en masa, y la resistencia a la tracción de la capa de núcleo era insuficiente.

Además, en la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 4, mediante el curvado en U, se produjo un derrumbe hacia la capa de núcleo de las placas de acero de capa superficial (bocados de las placas de acero de capa superficial en orificios de la capa de núcleo) y una fractura desde la porción de extremo de las placas de acero de capa superficial, y no se retuvo la validez del procesado. Se especula que esto es debido a que la abertura de la rejilla de hilos N° 11 era diez veces el grosor de las placas de acero de capa superficial, y se produjo una concentración de tensiones en una porción situada encima de los orificios en las placas de acero de capa superficial.

Además, en las placas de acero laminado de los ejemplos comparativos N° 5 y N° 6, se designó el grosor la totalidad de las placas de acero laminadas para que tuvieran un momento de curvado sustancialmente en la misma región plástica que el ejemplo N° 1 con la expresión (viii), aunque en la medida real era menor que la del ejemplo N° 1. Como resultado del análisis de las piezas del test de curvado de los ejemplos comparativos N° 5 y N° 6, el 70% de la capa de núcleo era resina en la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 5 y las fibras de refuerzo no eran continuas, y por tanto la resistencia a la deformación por cizalladura era menor que la del ejemplo N° 1. Se especula que, como resultado, la deformación por cizalladura de la capa de núcleo provocó un desplazamiento de 1,5 mm como máximo (diez veces el del ejemplo N° 1) en las placas de acero de capa superficial de las caras superior e inferior, y este desplazamiento disminuyó el momento de curvado en la región plástica. Además, con relación al ejemplo comparativo N° 6, además de que la parte de resina sólo era el 50% de la capa de núcleo, no existían fibras de refuerzo, y por tanto se produjo un desplazamiento que era mucho mayor que el del ejemplo comparativo N° 5. Se especula que este desplazamiento disminuyó el momento de curvado en la región plástica.

$$M (\text{ejemplo N° 1}) = 1/4 (T_s (t_s + t_c)^2 - t_c^2) - T_c (t_c^2) \quad \dots \text{(viii)}$$

Además, con relación a la placa de acero laminado del ejemplo comparativo N° 7, se evaluó la estabilidad de forma resistente al calor de un producto procesado de curvado en U. Como resultado, se produjeron pérdidas de resina de una porción de extremo de la placa de acero, y apareció un defecto de forma.

En lo anterior, se han descrito realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, aunque no es necesario mencionar que la presente invención no se limita a tales ejemplos. Es evidente que una persona experta en la materia es capaz de diseñar diversos ejemplos de variaciones y de modificaciones dentro del alcance descrito en las reivindicaciones, y debería entenderse que tales ejemplos por supuesto pertenecen al alcance técnico de la presente invención.

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una placa de acero laminado que es ligera, muy rígida y resistente a los golpes, y que también combina un rendimiento de amortiguación y manejabilidad en cuanto a la cizalladura, curvado, embutición profunda, extensión y similares, así como estabilidad de forma después de ser procesada.

LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

Los símbolos de referencia usados en la descripción se detallan a continuación:

1	placa de acero laminado,
5 (5A, 5B)	placa de acero (de capa superficial),
10	capa de núcleo,
45 11	grupo de hilos de rejilla,
13	lámina de resina,
111	hilo vertical,
113	hilo horizontal,
115	orificio (rejilla)
50 117	ligadura en dirección oblicua (hilo),
t_s	grosor de una placa de acero de capa superficial
t_c	grosor de una capa de núcleo,
W_L, W_H	abertura,
p	paso (rejilla), y
55 d	diámetro de hilo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una placa de acero laminado, que comprende:
una capa de núcleo que incluye un grupo de hilos formado en forma de rejilla usando hilos, orificios rodeados por los hilos, y una lámina de resina; y
placas de acero unidas respectivamente a ambas caras de la capa de núcleo,
10 donde los hilos tienen una resistencia a la tracción de 601 MPa o más, una abertura del grupo de hilos de rejilla, definida por un lado largo de un rectángulo que tiene un área máxima y que toca internamente un orificio, es igual o menor de diez veces el grosor de las placas de acero, y los hilos son hilos metálicos, inorgánicos u orgánicos.
- 15 2. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la resistencia a la tracción de los hilos es de 1000 MPa o mayor.
3. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la abertura del grupo de hilos de rejilla es igual o menor que 3,5 veces el grosor de las placas de acero.
- 20 4. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la abertura del grupo de hilos de rejilla es igual o mayor que 0,1 veces el grosor de las placas de acero.
- 25 5. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 3, donde la abertura del grupo de hilos de rejilla es igual o mayor que 0,5 veces e igual o menor que 1 vez el grosor de las placas de acero.
- 30 6. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde un material de base de la lámina de resina es espuma.
7. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la capa de núcleo y las placas de acero están unidas con un adhesivo,
una resistencia de adhesión a cizallado del adhesivo y las placas de acero es 30 N/cm² o mayor, y
un módulo G' de almacenamiento del adhesivo a 100° C hasta 160° C es 0,05 MPa o mayor y 100 MPa o menor.
- 35 8. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde se añaden ligaduras el grupo de hilos en una dirección oblicua con respecto de los hilos verticales y los hilos horizontales.
- 40 9. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 8, donde el grupo de hilos es una rejilla cuadrada, y la dirección oblicua es una dirección que forma 45° con respecto de las direcciones de los hilos verticales y los hilos horizontales.
- 45 10. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la capa de núcleo está formada por los grupos de hilos laminados en n (n es un entero de 2 o mayor) capas, y la dirección de los hilos que forman los grupos de hilos de cada capa está desplazada en una cierta dirección un ángulo de 360/3n° o más y 360/n° o menos entre los grupos de hilos de capas adyacentes, para laminar los grupos de hilos de capas respectivas.
- 50 11. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 10, donde la capa de núcleo está formada por grupos de hilos laminados en 2 capas hasta 20 capas.
- 55 12. La placa de acero laminada de acuerdo con la reivindicación 1, donde la capa de núcleo tiene tres o más de los grupos de hilos, y entre dos grupos de hilos adyacentes seleccionados arbitrariamente de tres o más de los grupos de hilos, la abertura del grupo de hilos de rejilla dispuesto en un lado más alejado con respecto de una posición central en una dirección del grosor de la capa de núcleo es más pequeña que la abertura del grupo de hilos de rejilla dispuesto en un lado más cercano.
- 60 13. La placa de acero laminado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la capa de núcleo tiene una pluralidad de grupos de hilos, y la pluralidad de los grupos de hilos están unidos entre sí mediante una unión o entrelazado en fase sólida.

FIG.1

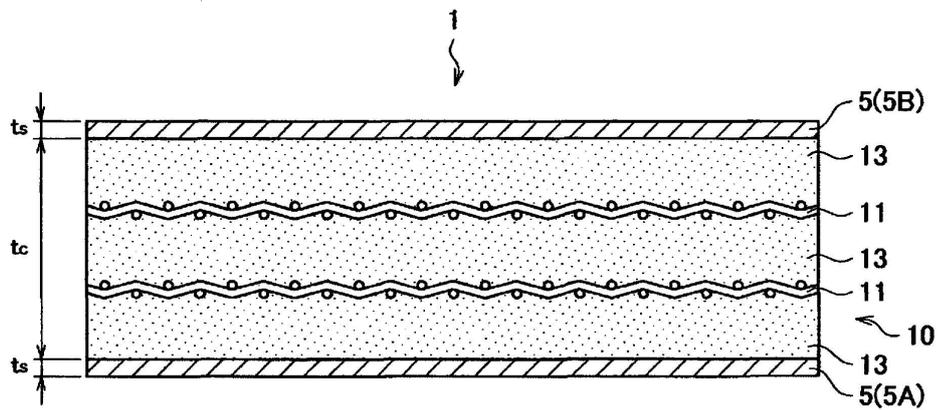


FIG.2A

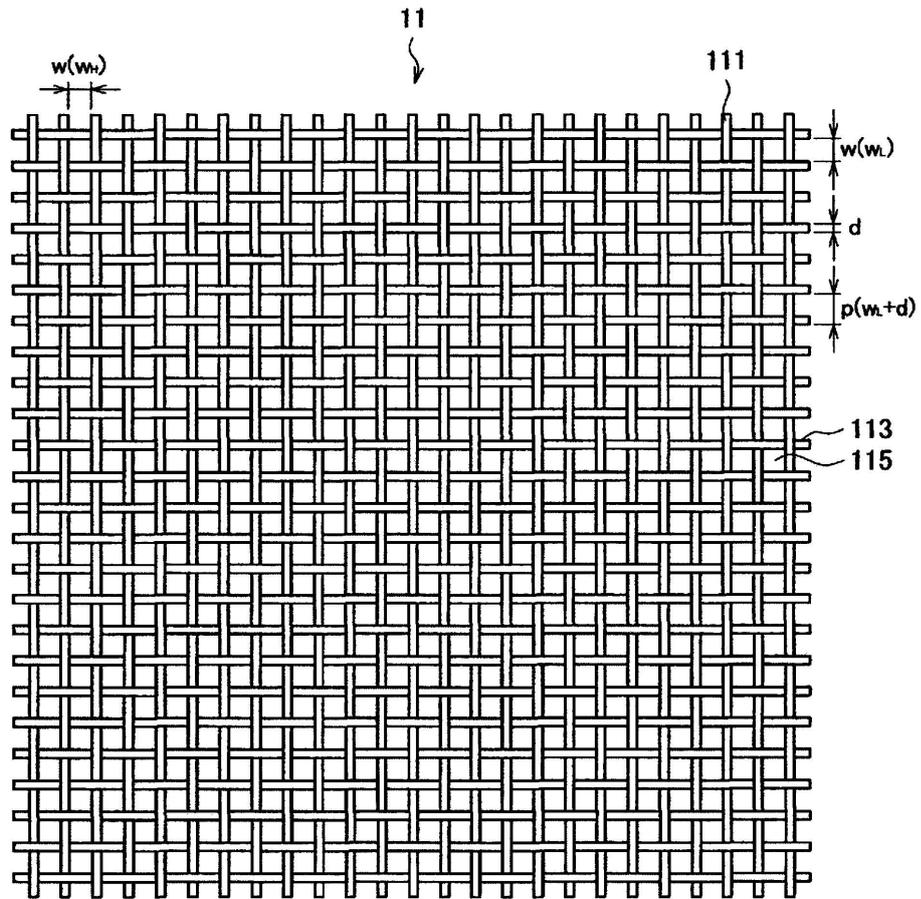


FIG.2B

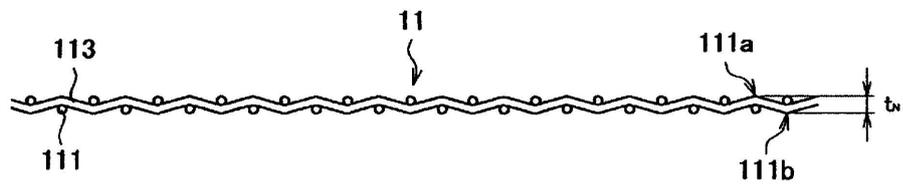


FIG.3

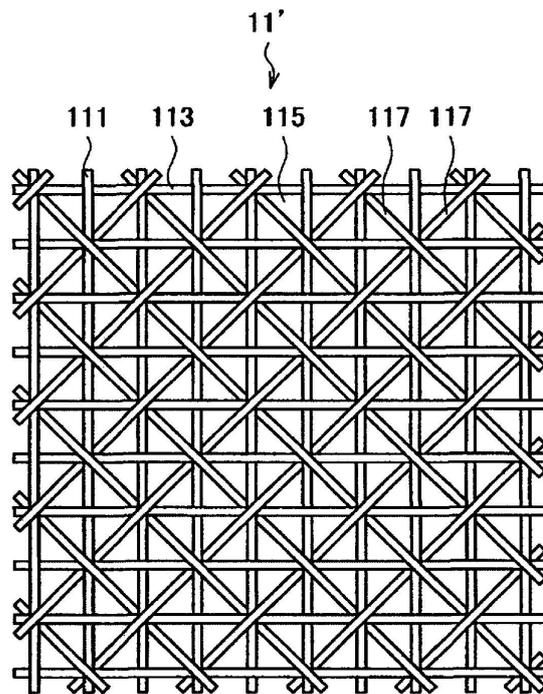


FIG.4

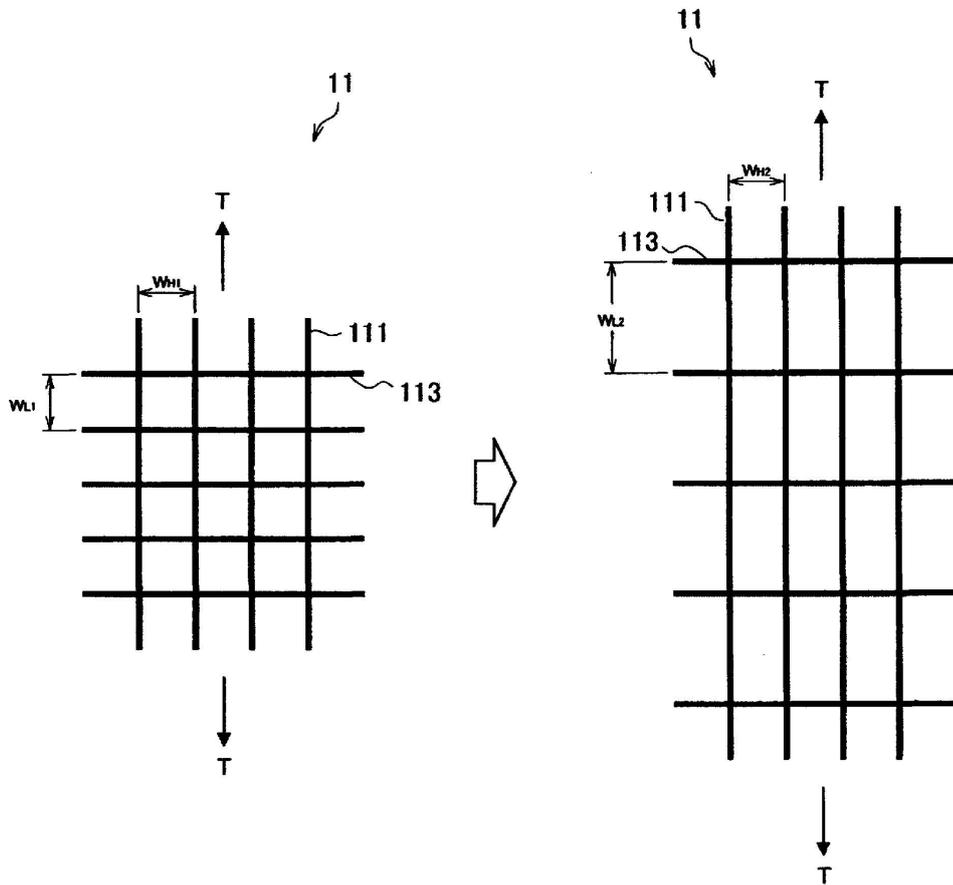


FIG.5

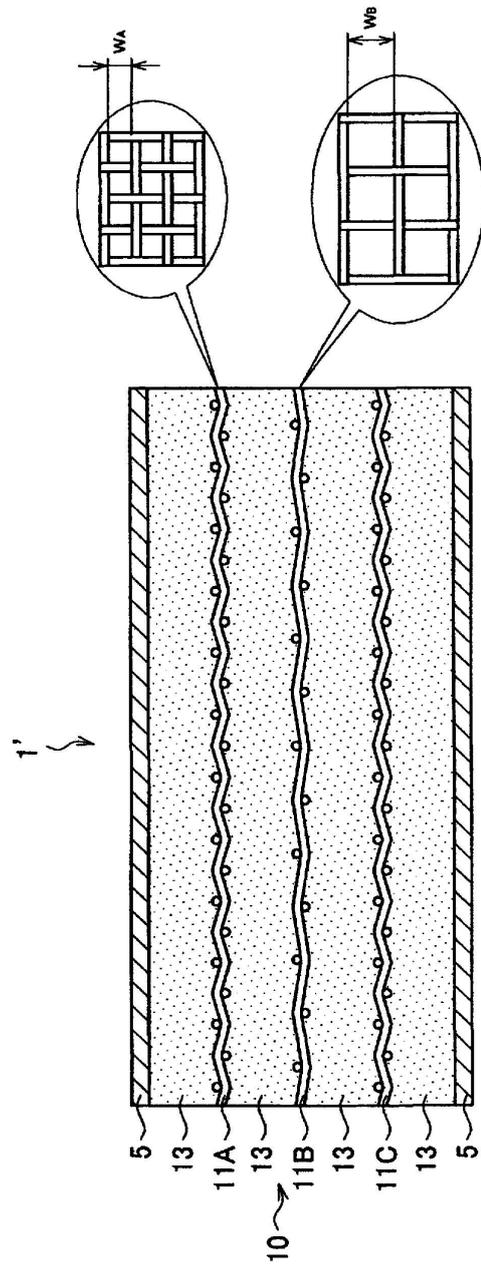


FIG.6

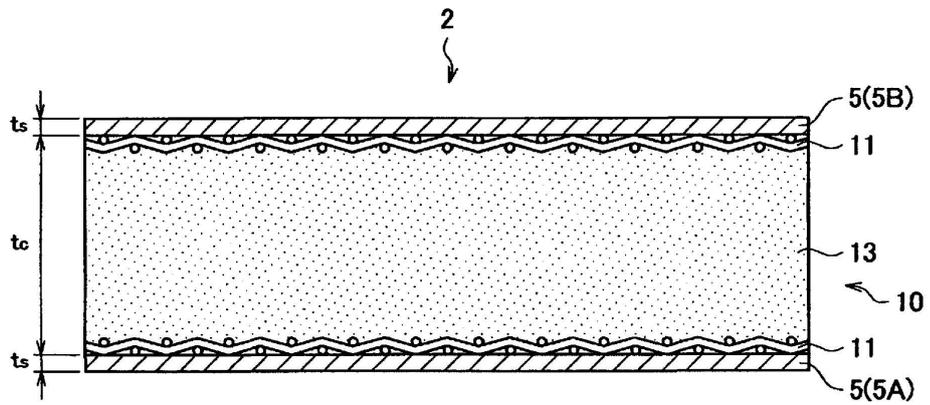


FIG.7

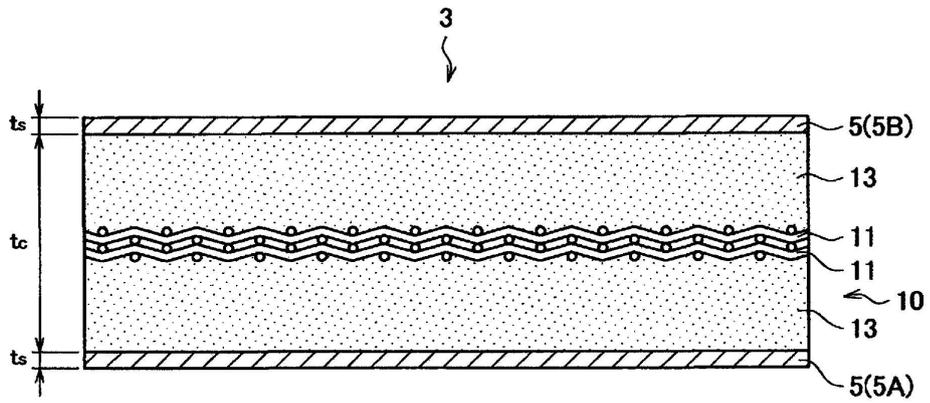


FIG.8A

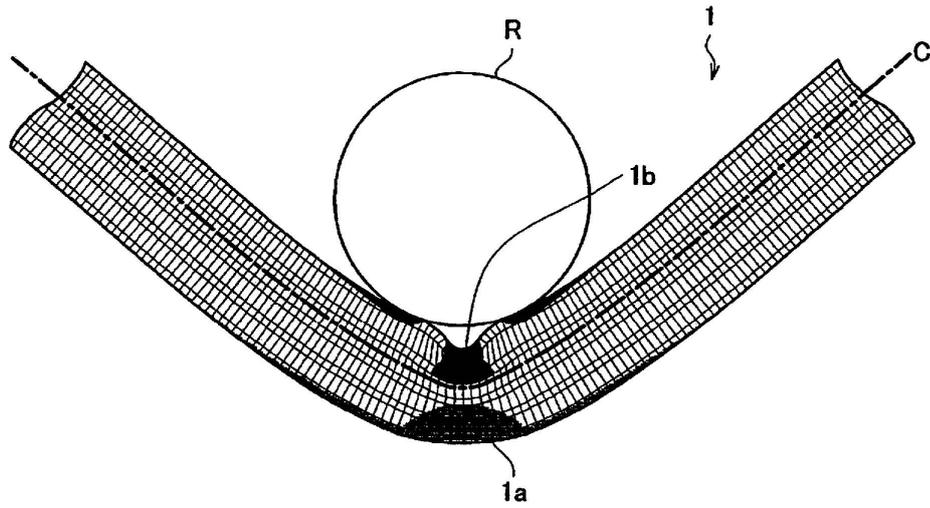


FIG.8B

