

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 960**

51 Int. Cl.:

F16F 7/12 (2006.01)

B62D 21/15 (2006.01)

F16F 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2014 PCT/JP2014/081180**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015 WO15080129**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2014 E 14866097 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3059468**

54 Título: **Pieza amortiguadora**

30 Prioridad:

27.11.2013 JP 2013245092

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

17.07.2019

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:

**KOGA, ATSUO y
TADOKORO, KENICHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 719 960 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

Pieza amortiguadora

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una pieza amortiguadora de energía de impacto que puede utilizarse en vehículos de transporte, como automóviles.

Antecedentes de la técnica

10 El nivel de seguridad de los vehículos de transporte ha ido aumentando cada año, y es necesario para proteger a los pasajeros en una cabina, incluso si la función del vehículo de transporte se ve dañada en una colisión. Por lo tanto, con el fin de que un marco alrededor de la cabina amortigüe la energía que se genera en una colisión y reduzca el impacto transmitido a la cabina, se utiliza de manera activa una lámina de acero de alta resistencia para el marco, lo que mejora la seguridad ante la colisión.

15 Asimismo, en los últimos años, tomando en consideración la capacidad de reparación después de la colisión además de la seguridad ante la colisión, ha aumentado un tipo de vehículo en el cual se usa una pieza amortiguadora de energía de impacto intercambiable, como una caja de choque, para amortiguar el impacto. Esta pieza amortiguadora de energía de impacto puede montarse en una superficie frontal y una superficie posterior de una cabina de modo que la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto sea en una dirección longitudinal de un automóvil. La pieza amortiguadora de energía de impacto se deforma por colapso en una forma de fuelle en la dirección de amortiguación en la colisión y, por tanto, amortigua la energía de impacto. Si bien difiere ligeramente en función del tipo de vehículo, la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto está limitada debido al espacio donde debe disponerse la pieza amortiguadora de energía de impacto.

20 Aquí, como se muestra en las vistas (A) a (E) en la Figura 1, la deformación por colapso en forma de fuelle se lleva a cabo al repetir la deformación de forma tal que se doblen pliegues por pandeo bw, que se forman en una determinada longitud de onda de pandeo H. Aparte de esta deformación, hay casos en los cuales la totalidad de una pieza se dobla, por lo que la deformación sucede de manera inestable. En dicha deformación, es difícil amortiguar de manera suficiente la energía de impacto.

25 Además, una colisión de un automóvil no sucede necesariamente en una dirección paralela a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Por lo tanto, la energía de impacto debe amortiguarse incluso cuando se aplica una carga de impacto en una dirección transversal a la dirección de amortiguación (por ejemplo, una dirección oblicua a la dirección de amortiguación de un ángulo de intersección de 10 grados).

30 Por consiguiente, es necesario que una pieza amortiguadora de energía de impacto se elabore de manera que la deformación por colapso en la forma de fuelle suceda de manera segura y estable independientemente de la dirección en la que se aplica una carga de impacto, desde la perspectiva de la amortiguación de toda la energía de impacto, que se genera en una colisión leve (por ejemplo, una colisión que sucede a la velocidad de 15 km/h) y, por tanto, impide daños a otros miembros. Además, es muy importante reducir el peso de un miembro desde la perspectiva de la mejora de la eficiencia del combustible.

35 Se han elaborado, hasta la fecha, técnicas para controlar estrictamente los parámetros de forma y material de una pieza amortiguadora de energía de impacto para elaborar la pieza amortiguadora de energía de impacto de modo que la deformación por colapso en la forma de fuelle suceda de manera más estable.

40 Por ejemplo, de acuerdo con la bibliografía no relacionada con patentes 1, el comportamiento del impacto de un miembro cilíndrico delgado que recibe una carga de compresión en una dirección axial es controlado por una relación σ_y/E , en la cual σ_y representa la tensión de fluencia de un material y E representa un coeficiente elástico longitudinal (módulo de Young). En este caso, cuando la relación σ_y/E es pequeña, un modo axial de pandeo simétrico tiende a ocurrir y, cuando la relación σ_y/E es mayor, un modo axial de pandeo asimétrico tiende a ocurrir.

45 Además, de acuerdo con la bibliografía no relacionada con patentes 2, con respecto al comportamiento del colapso de un miembro cilíndrico delgado, el modo de colapso es modificado por una relación d/t de un diámetro "d" del miembro y el espesor "t" del mismo.

50 Por otro lado, la bibliografía relacionada con patentes 1 describe una técnica para configurar una pieza amortiguadora de energía de impacto que se deforma por colapso en una forma de fuelle. En este caso, la pieza amortiguadora de energía de impacto tiene una sección transversal de forma de polígono de un rectángulo o más, y una relación t/M del espesor "t" y una longitud circunferencial M de la sección

transversal se controla para que no sea menor que 0,0025.

La bibliografía relacionada con patentes 2 también describe una técnica para configurar una pieza amortiguadora de energía de impacto que se deforma por colapso en una forma de fuelle. En este caso, la pieza amortiguadora de energía de impacto tiene una sección transversal poligonal, y una relación de longitudes de lados adyacentes entre los lados del polígono de la sección transversal se controla para que no sea mayor que 2,3.

Las técnicas anteriores para controlar de manera estricta los parámetros de forma y material de la pieza amortiguadora de energía de impacto son descubrimientos eficaces para configurar que una pieza amortiguadora de energía de impacto, que está elaborada a partir de una material de metal habitual, se deforme por colapso en una forma de fuelle. Sin embargo, en el caso de que una pieza amortiguadora de energía de impacto se construya a partir de una lámina metálica sándwich, en la cual una capa de superficie que está formada a partir de una lámina metálica se lamina en cada superficie lateral de una capa núcleo y se unen entre sí, es difícil proporcionar una pieza amortiguadora de energía de impacto al utilizar completamente las siguientes características de la lámina metálica sándwich, únicamente al controlar los parámetros de forma y material que se describieron anteriormente. Es decir, la lámina metálica sándwich tiene un peso liviano en comparación con una lámina metálica y puede deformarse a una longitud de onda de pandeo corta.

Se informa que una pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de una lámina metálica sándwich se deforma por colapso en una forma de fuelle a una longitud de onda de pandeo corta al controlar una relación del módulo de Young de la lámina metálica de una capa de superficie y el módulo de Young de una capa núcleo. El mecanismo de esta deformación se describe más adelante.

Dado que la capa núcleo restringe la lámina metálica en cada superficie de la capa núcleo mediante unión, la lámina metálica sándwich puede modelarse por dos láminas metálicas 12 que estén restringidas una respecto a la otra mediante resortes elásticos 11 (la vista (A) de la Figura 2). Si bien un grado de libertad de deformación de la lámina metálica 12 es diferente, el modo de deformación por colapso de cada una de las láminas metálicas 12 es equivalente al modo de deformación por colapso de una lámina metálica 12 en un piso elástico 13 (la vista (B) de la Figura 2). El piso elástico 13 corresponde a resortes elásticos de restricción. Ambas láminas metálicas 12 (la vista (A) de la Figura 2), que están restringidas por los resortes elásticos 11, no están fijas, mientras que únicamente la lámina metálica 12 (la vista (B) de la Figura 2) en el piso elástico 13 no está fija. Por lo tanto, la deformación de los resortes elásticos 11 corresponde a la deformación por cizallamiento en el caso de deformar por colapso las dos láminas metálicas 12 que están restringidas por los resortes elásticos 11, y la deformación de los resortes elásticos 11 corresponde a la deformación por elongación en el caso de deformar por colapso la lámina metálica 12 en el piso elástico 13. No obstante, la energía de impacto se amortigua mediante la deformación del cuerpo elástico y la deformación de la lámina metálica en cada caso. En este caso, la deformación se realiza de modo que el total de la energía de deformación se encuentre en su valor mínimo. Cuando la lámina metálica 12 de la capa de superficie se deforma a una longitud de onda de pandeo H (la vista (C) de la Figura 2), que es igual a la longitud de la parte recta de la lámina metálica 12, una energía e_f es la energía mínima. Por otro lado, en la deformación del piso elástico, la energía puede disminuirse cuando la elongación se realiza lo menos posible. Por tanto, cuando la lámina metálica 12 se deforma en una longitud de onda de pandeo corta H_2 , como se muestra en la vista (D) de la Figura 2, una energía e_c es la energía mínima. Por consiguiente, la longitud de onda de pandeo de la lámina en el piso elástico depende del equilibrio entre la cantidad de energía e_c y e_f , y es, por tanto, un valor que es menor que la longitud de onda de pandeo H_1 y es mayor que la longitud de onda de pandeo H_2 (las vistas (C) y (D) de la Figura, 2).

La lámina metálica sándwich se deforma por colapso a una longitud de onda de pandeo corta según el mismo principio que en el caso de la Figura 2. Es decir, en la capa de superficie, la energía de deformación es pequeña cuando la capa de superficie se deforma a una longitud de onda de pandeo larga, mientras que en la capa núcleo, la energía de deformación es pequeña cuando la capa núcleo se deforma a una longitud de onda de pandeo corta. La lámina metálica sándwich se deforma a una longitud de onda de pandeo, en la cual la cantidad de energía de deformación de la capa de superficie y la capa núcleo se equilibra y el total de la energía de deformación de la capa de superficie y la capa núcleo será mínimo. Dado que la capa núcleo se deforma a una longitud de onda de pandeo corta porque la energía de deformación disminuye, una pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de la lámina metálica sándwich se deforma por colapso a una longitud de onda más corta en comparación con una pieza amortiguadora de energía de impacto que se elabora a partir de un único material. Sin embargo, en una lámina metálica sándwich, en la cual una capa núcleo tiene un módulo de Young alto, y en la cual se utiliza un material poco deformable, por ejemplo, un material de soldadura fuerte, como material de unión, la capa núcleo se deforma poco y es difícil de deformar a una longitud de onda de pandeo corta. Por lo tanto, en dicha pieza amortiguadora de energía de impacto, la deformación por colapso en la forma de fuelle puede no ocurrir de manera estable.

En otro ejemplo, la bibliografía relacionada con patentes 3 describe una pieza amortiguadora de energía de impacto que tiene una sección transversal cerrada poligonal con una parte ahuecada hacia adentro, y en la cual un momento de flexión se diferencia en una parte de la sección transversal. Al formar dicha forma complicada de sección transversal, la longitud de onda de pandeo se hace corta, la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurre de manera estable, incluso en una colisión desde una dirección oblicua, y la energía de impacto se amortigua de manera suficiente. Sin embargo, esta técnica puede utilizarse en el caso de usar una lámina metálica. Por lo tanto, si una lámina metálica sándwich se forma con la misma forma complicada que en la técnica anterior, hay una alta probabilidad de que ocurra un defecto de formación, como una ruptura de una capa de superficie, durante la formación y no se obtenga una forma deseada.

Como se describió anteriormente, en general, los parámetros de forma y material de una pieza amortiguadora de energía de impacto se controlan de modo que la pieza amortiguadora de energía de impacto se deforme por colapso en una forma de fuelle, incluso cuando se aplica un impacto en una dirección transversal a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Sin embargo, no se ha elaborado aún una técnica para mejorar la eficiencia del combustible de un vehículo de transporte y para obtener una cantidad amortiguable suficiente de la energía de impacto al formar una pieza amortiguadora de energía de impacto con un material de peso liviano y al hacer que la deformación por colapso en una forma de fuelle ocurra de manera más estable.

Lista de citas

Bibliografía relacionada con patentes

Bibliografía relacionada con patentes 1: JP H9-277953A
 Bibliografía relacionada con patentes 2: JP 2011-218935A
 Bibliografía relacionada con patentes 3: JP 2006-207724A

Bibliografía no relacionada con patentes

Bibliografía no relacionada con patentes 1: Materials & Mechanics Conference 2008, "OS0905-1"-
 "OS0905-2"
 Bibliografía no relacionada con patentes 2: Journal of the Japan Society of Mechanical Engineers
 Kansai branch, 2005 (80)

Bibliografía relacionada con patentes adicional: DE 10 2012 101777 A1 describe un elemento amortiguador de energía de vehículo, que tiene una estructura intercalada.

Compendio de la Invención

Problema técnico

Un objeto de la presente invención es proporcionar una pieza amortiguadora de energía de impacto que tenga un peso liviano y en la cual la deformación por colapso en una forma de fuelle ocurra de manera más estable incluso cuando se aplica una carga de impacto en una dirección transversal a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

Solución del problema

Los inventores de la presente invención investigaron la pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de una lámina metálica sándwich en más detalle para solucionar el problema anterior. Como resultado, los inventores de la presente invención descubrieron que, en una lámina metálica sándwich en la cual una capa núcleo tiene un módulo de Young alto, y en la cual se utiliza un material poco deformable, por ejemplo un material de soldadura fuerte, como material de unión, hay una posibilidad de que la deformación por colapso en una forma de fuelle no ocurra de manera estable dependiendo de la dirección de una carga que se aplique, porque la capa núcleo casi no se deforma y es difícil de deformar a una longitud de onda de pandeo corta.

Luego, los inventores de la presente invención llevaron a cabo una investigación intensiva sobre el problema y concluyeron que la deformación de una capa, que está formada de la capa núcleo y las capas de unión, debe controlarse de manera estricta porque las características de deformación de las capas de unión también son parámetros importantes para elaborar la lámina metálica sándwich de modo que la deformación por colapso ocurra de manera más estable a una longitud de onda de pandeo corta.

Los inventores de la presente invención han descubierto los siguientes elementos como una técnica para solucionar el problema anterior que es específica a la lámina metálica sándwich que proporciona una pieza amortiguadora de energía de impacto que tiene un peso liviano y en la cual la deformación por colapso en una forma de fuelle ocurre de manera más estable cuando se aplica una carga de impacto en una dirección transversal a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de

energía de impacto.

La invención está definida por la reivindicación 1.

- 5 (1) Una pieza amortiguadora de energía de impacto configurada para amortiguar la energía de impacto cuando se aplica a una de las partes de extremo en una dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto,
- 10 la pieza amortiguadora de energía de impacto se construye al formar una lámina metálica sándwich que incluya capas de superficie, una capa núcleo y capas de unión entre la capa de superficie y la capa núcleo, en las cuales cada capa de superficie está formada a partir de una lámina metálica y la capa de superficie está laminada en cada superficie de la capa núcleo y se unen entre sí, en donde la forma de cualquier sección transversal que sea perpendicular a la dirección de amortiguación tiene una parte curva, en la cual el radio de curvatura mínimo no es menor que 7,0 mm, a no menos de 30,0 % de una longitud circunferencial de la sección transversal, y en donde la forma de la sección transversal tiene una estructura cerrada o tiene una abertura a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, en donde la capa central que no sea la capa de superficie tiene una tasa de deformación como se define en la reivindicación 1, no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %, y la tasa de deformación es una tasa de disminución de la rigidez flexural, que se mide mediante un experimento, a partir de una rigidez calculada, que se calcula en función de la estructura de la lámina metálica sándwich.
- 20 (2) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde cada capa de superficie está formada a partir de una lámina metálica que tiene un módulo de Young mayor que el módulo de Young de la capa núcleo, y en donde una relación de espesor t_c/t_f del espesor t_f de cada capa de superficie y el espesor t_c de la capa núcleo no es menor que 2,0 ni mayor que 7,0.
- 25 (3) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde cada capa de superficie está formada a partir de una lámina metálica que tiene un módulo de Young mayor que el módulo de Young de la capa núcleo, y en donde una relación de espesor t_c/t_f del espesor t_f de cada capa de superficie y el espesor t_c de la capa núcleo no es menor que 3,5 ni mayor que 5,0.
- 30 (4) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde una relación E_c/E_f del módulo de Young E_f de cada capa de superficie y el módulo de Young E_c de la capa núcleo no es menor que 1×10^{-3} ni mayor que 1×10^{-1} .
- 35 (5) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde la tasa de deformación de la capa central no es menor que 7,0 % ni mayor que 50,0 %.
- 40 (6) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde la forma de cualquier sección transversal que sea perpendicular a la dirección de amortiguación tiene una parte curva, en la cual el radio de curvatura mínimo no es menor que 7,0 mm, a no menos de 30,0 % de una longitud circunferencial de la sección transversal, y en donde la forma de la sección transversal tiene una estructura cerrada o tiene una abertura a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal.
- 45 (7) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), que incluye 4 o más partes ahuecadas en una sección transversal perpendicular a la dirección de amortiguación, cada parte ahuecada formada a partir de una parte curva formada por una curva que tiene un radio de curvatura no menor que 7,0 mm ni mayor que 15 mm y que está ahuecada hacia adentro, hacia el centro de la sección transversal.
- 50 (8) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde la capa de superficie tiene una tensión de fluencia no menor que 100 MPa ni mayor que 1000 MPa.
- 55 (9) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde una relación ρ_c/ρ_f de una densidad ρ_c de la capa núcleo y una densidad ρ_f de cada capa de superficie no es menor que 1/300 ni mayor que 1/2.
- (10) La pieza amortiguadora de energía de impacto según (1), en donde la lámina metálica sándwich incluye además una capa de unión entre la capa de superficie y la capa núcleo, y en donde la capa de unión tiene un módulo de cizallamiento no menor que 50 MPa ni mayor que 500 MPa.

Efectos ventajosos de la Invención

Según la presente invención, se proporciona una pieza amortiguadora de energía de impacto que tenga un peso liviano y en la cual la deformación por colapso en una forma de fuelle ocurra de manera más estable cuando se aplica un impacto en una dirección transversal a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Como resultado, al utilizar la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención, la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurre no solo mediante un impacto aplicado desde una dirección frontal, sino también mediante un impacto aplicado desde una dirección oblicua, y se amortigua la energía de impacto. Asimismo, al estar formada a partir de un material de peso liviano, se puede reducir el peso de la pieza en sí misma. Por tanto, la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención es eficaz para mejorar la eficiencia

del combustible de un automóvil o similares.

La pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención tiene los efectos anteriores y, por lo tanto, puede utilizarse de manera adecuada como una pieza amortiguadora de energía de impacto no solo para automóviles comunes, sino también para vehículos de transporte, como cada tipo de automóvil, desde automóviles livianos a automóviles pesados, como camiones y autobuses, trenes, etc.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática que muestra un comportamiento de deformación típico cuando se aplica una carga de impacto en una dirección de amortiguación, y la Figura 1 muestra etapas de deformación en las vistas (A) a (D) y muestra una fotografía después de la deformación en la vista (E).

La Figura 2 es una vista esquemática que muestra el comportamiento de deformación de una capa de superficie y una capa núcleo cuando una lámina metálica sándwich se deforma por colapso.

La Figura 3 es un dibujo explicativo que muestra una estructura de una pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención.

La Figura 4 es una vista esquemática del comportamiento de impacto de una pieza amortiguadora de energía de impacto que tiene una abertura.

La Figura 5 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención.

La Figura 6 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto según otra realización de la presente invención.

La Figura 7 es una vista esquemática de una pieza amortiguadora de energía de impacto que tiene aberturas en partes de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

La Figura 8 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 9 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 10 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 11 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 12 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 13 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 14 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos comparativos.

La Figura 15 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos comparativos.

La Figura 16 es una vista esquemática que muestra una lámina metálica sándwich que se utiliza en los Ejemplos y que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se forma a partir de la lámina metálica sándwich.

La Figura 17 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos comparativos.

La Figura 18 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos comparativos.

La Figura 19 es una vista esquemática que muestra una forma de una línea central de una sección transversal de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se utiliza en los Ejemplos.

La Figura 20 es una vista esquemática que muestra un método de prueba para aplicar una carga oblicua a una pieza amortiguadora de energía de impacto.

La Figura 21 es un dibujo explicativo que muestra una forma de una pieza amortiguadora de energía de impacto según un segundo ejemplo de la presente invención.

La Figura 22 es un gráfico que muestra una longitud de onda de pando promedio con respecto a un valor de E_c/E_f de cada uno de un ejemplo 24 y los ejemplos comparativos 14 y 15.

La Figura 23 es un gráfico que muestra una longitud de onda de pando promedio con respecto a una forma de una pieza amortiguadora de energía de impacto.

Lista de signos de referencia

	1	lámina metálica sándwich
	3A, 3B	capa de superficie
	5	capa núcleo
	7A, 7B	capa de unión
5	11	resorte elástico
	12	lámina metálica
	21	superficie de extremo de abertura
	22	parte ahuecada

10 Descripción de las realizaciones

En adelante, se describirán en detalle las realizaciones preferidas de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos. En la presente memoria descriptiva y los dibujos, los elementos que tienen sustancialmente la misma función y estructura se denotan con los mismos signos de referencia, y se omite la explicación repetida.

15 La pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención es una pieza amortiguadora de energía de impacto que amortigua la energía de impacto cuando una carga de impacto se aplica a una de las partes de extremo en la dirección de amortiguación.

20 Asimismo, la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención se elabora de manera que la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurra de manera más estable y, por lo tanto, amortigue la energía de impacto incluso cuando se aplica una carga de impacto en una dirección transversal a la dirección de amortiguación. En la presente invención, la dirección transversal a la dirección de amortiguación es una dirección que atraviesa la dirección de amortiguación de por lo
 25 menos 0 grados a menos de 60 grados. Además, la dirección en un ángulo mayor que 0 grados a menor que 60 grados se define como una dirección oblicua, y una carga de impacto que se aplica a partir de la dirección oblicua se define como una carga oblicua. Cuando el ángulo es 60 grados o más, el modo de deformación de la pieza amortiguadora de energía de impacto debido a la carga de impacto puede no ser la deformación por colapso, sino que puede ocurrir, en la mayoría de los casos, un modo de
 30 deformación en el cual la totalidad de la pieza se doble mediante una carga lateral (carga perpendicular a la dirección de amortiguación). Preferiblemente, la pieza amortiguadora de energía de impacto se dispone de modo que la carga de impacto se aplique en una dirección no mayor que 45 grados, más preferiblemente no mayor que 30 grados, con respecto a la dirección de amortiguación. Por tanto, se aumenta adicionalmente la relación del modo de deformación por colapso en la forma de fuelle, y la
 35 energía de impacto se amortigua adicionalmente de manera eficiente.

La estructura de la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención mencionada anteriormente se describirá con referencia a la Figura 3 a continuación. La
 40 Figura 3 es un dibujo explicativo que muestra la estructura de la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención.

(Estructura de lámina metálica sándwich)

En primer lugar, se describirá una lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención con referencia a la Figura 3.

45 La lámina metálica sándwich de la presente invención es una lámina formada al laminar una lámina metálica en cada superficie lateral de una capa núcleo como una capa de superficie y unir la lámina metálica con un material de unión. La capa núcleo de la lámina metálica sándwich es una capa similar a una lámina que tiene una densidad menor que la densidad de la lámina metálica de la capa de
 50 superficie.

Como se muestra en la Figura 3, una lámina metálica sándwich 1 para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención es una lámina metálica sándwich, en la cual las capas de superficie 3A y 3B, que se forman a partir de la lámina metálica, se laminan en
 55 ambas superficies de una capa núcleo 5, respectivamente, y se unen con las capas de unión 7A y 7B, respectivamente. El módulo de Young de la capa núcleo 5 es menor que el módulo de Young de cada capa de superficie 3A y 3B.

60 Las capas de superficie 3A y 3B se pueden formar a partir de cualquier lámina metálica siempre y cuando esta tenga un módulo de Young mayor que el módulo de Young de la capa núcleo 5, preferiblemente una lámina metálica que tenga una tensión de fluencia no menor que 100 MPa y no mayor que 1000 Mpa, y la lámina metálica puede seleccionarse de manera adecuada en función de la cantidad de amortiguación necesaria de la energía de impacto. Si la tensión de fluencia de la capa de
 65 superficie es menor que 100 MPa, para obtener una cantidad de amortiguación suficiente de la energía de impacto, se debe aumentar el espesor de la capa de superficie, o se debe aumentar la longitud circunferencial de una sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto, mediante

lo cual el peso de la pieza amortiguadora de energía de impacto aumenta de manera no conveniente. Por otro lado, si se utiliza una lámina metálica que tiene una tensión de fluencia mayor que 1000 MPa como la capa de superficie, la lámina metálica generalmente tiende a ser una lámina metálica gruesa, y el peso aumenta de manera no conveniente. Por consiguiente, para proporcionar un miembro amortiguador que sea más liviano que el peso de uno convencional al aumentar de manera considerable el efecto de reducir el peso de la pieza amortiguadora de energía de impacto, se utiliza preferiblemente una lámina metálica, que tiene una tensión de fluencia no menor que 100 MPa y no mayor que 1000 MPa, como la capa de superficie. Asimismo, si la pieza amortiguadora de energía de impacto se utiliza sola para amortiguar toda la energía de impacto en una colisión leve de modo de evitar daños a otros miembros conectados, la resistencia a la deformación de la pieza amortiguadora de energía de impacto debe ser menor que la resistencia a la deformación de los miembros conectados y, por lo tanto, la tensión de fluencia de la capa de superficie es preferiblemente no menor que 100 MPa y no mayor que 590 MPa. Como material para formar las capas de superficie 3A y 3B, se puede usar, específicamente, un acero al carbono, una aleación de aluminio, un titanio puro, una aleación de titanio, una aleación de magnesio o similares. En este caso, las capas de superficie 3A y 3B se elaboran, más preferiblemente, a partir de un acero al carbono, una aleación de aluminio, o similares, desde el punto de vista del costo de producción de la lámina metálica sándwich 1. Asimismo, las capas de superficie 3A y 3B pueden someterse a cada tipo de tratamiento de galvanizado (por ejemplo, galvanizado de zinc o galvanizado de aleación) de modo de tener una resistencia a la corrosión y pueden someterse a un tratamiento de superficie conocido públicamente como un tratamiento con cromato, un tratamiento con fosfato, un tratamiento con resina orgánica, etc.

El espesor de cada capa de superficie 3A y 3B es, preferiblemente, no menor que 0,2 mm. Si el espesor de cada capa de superficie 3A y 3B es menor que 0,2 mm, las capas de superficie 3A y 3B tienden a romperse por la flexión en una producción de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Por lo tanto, no es preferible que el espesor de cada capa de superficie 3A y 3B sea menor que 0,2 mm. Por otro lado, si el espesor de cada capa de superficie 3A y 3B es mayor que 2,0 mm, el espesor total de la lámina metálica sándwich 1 aumenta, y la masa de la lámina metálica sándwich 1 aumenta de manera no conveniente. Por lo tanto, el espesor de cada capa de superficie 3A y 3B es, preferiblemente, no mayor que 2,0 mm desde el punto de vista de la reducción del peso de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

El material para la capa núcleo 5 no se limita específicamente siempre que el material tenga un módulo de Young que sea menor que el módulo de Young de las capas de superficie 3A y 3B, y se puede seleccionar y usar de manera adecuada un material conocido públicamente. Como el material para formar la capa núcleo 5, específicamente, se puede utilizar un material metálico como una aleación de aluminio, titanio, cobre o similares, un material no metálico como cerámica, resina, resina reforzada con fibra, papel o similares, o un material compuesto, en el cual cualquiera de estos materiales se combinan. El material compuesto puede incluir un material compuesto en el cual cavidades de un cuerpo estructural de panel se rellenan con resina espumada, y un material compuesto en el cual se laminan de manera secuencial una lámina de resina y un cuerpo estructural de red, por ejemplo.

Preferiblemente, se reduce adicionalmente el peso de la lámina metálica sándwich para mejorar la eficiencia del combustible de un automóvil o similares, que es montado con la pieza amortiguadora de energía de impacto construida con la lámina metálica sándwich. En la capa núcleo que se utiliza adecuadamente para construir dicha lámina metálica sándwich con peso reducido, se utiliza, preferiblemente, un material, en el cual una estructura conocida públicamente que tiene aberturas se aplica en un material metálico descrito anteriormente, una aleación Fe o acero inoxidable. La estructura conocida públicamente que tiene aberturas puede incluir, por ejemplo, una estructura de red, una estructura de panel, una estructura con agujeros que se forman mediante expansión o perforación, una estructura en forma de onda, una estructura corrugada, una estructura enrollada y una estructura espumada. En particular, un material de uso general, como una malla metálica, un metal expandido o un metal perforado, es más preferible porque el material de uso general se puede producir fácilmente. En dicho cuerpo estructural, la densidad (ρ_c) de la capa núcleo puede controlarse fácilmente de acuerdo con el uso. Por ejemplo, al proporcionar múltiples agujeros en una lámina de acero de modo que la relación de abertura sea 50 %, la densidad del metal perforado puede controlarse para que sea la mitad de la densidad de la lámina de acero.

La densidad (ρ_c) de la capa núcleo puede ser cualquier densidad no mayor que la densidad (ρ_f) de la capa de superficie, y una relación ρ_c/ρ_f es, preferiblemente, no menor que 1/300 y no mayor que 1/2. Si la relación ρ_c/ρ_f es mayor que 1/2, la diferencia de peso entre la lámina metálica sándwich y una lámina metálica común es poca. Por lo tanto, el peso de la pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de la lámina metálica sándwich no se reduce demasiado, y puede haber una posibilidad de que el efecto de mejora de la eficiencia del combustible no se obtenga considerablemente.

Como la capa núcleo, mediante la cual la relación ρ_c/ρ_f es menor que 1/300, se puede describir un cuerpo espumado (por ejemplo, poliestireno espumado que se espuma a una relación de expansión de 50), que esté elaborado de un material de peso liviano, como resina, y que contenga numerosas capas de aire. Dado que la capa núcleo elaborada a partir del cuerpo espumado contiene numerosas capas de aire, cuya rigidez es muy baja, la rigidez de la lámina metálica sándwich es baja y hay una posibilidad de que no se obtenga una cantidad amortiguable de la energía de impacto que sea suficiente para que se utilice la pieza como una pieza amortiguadora de energía de impacto. Por consiguiente, la relación ρ_c/ρ_f es, preferiblemente, no menor que 1/300 y no mayor que 1/2 para obtener una cantidad amortiguable suficiente de la energía de impacto incluso en una colisión violenta, que genera un impacto igual o superior al impacto generado en una colisión leve, y para aumentar el efecto de la reducción de peso.

Asimismo, un material se selecciona más preferiblemente de modo que la relación ρ_c/ρ_f sea no menor que 1/20 y no mayor que 1/2, dado que es fácil obtener el material y se puede disminuir el costo de producción de la lámina metálica sándwich. Por ejemplo, respecto al material, para el cual la relación ρ_c/ρ_f será no menor que 1/20 y no mayor que 1/2, se puede utilizar una lámina de acero y una estructura metálica, por ejemplo una malla metálica, como la capa de superficie y la capa núcleo, respectivamente, o se puede utilizar una lámina de aluminio y una resina como la capa de superficie y la capa núcleo, respectivamente.

En la lámina metálica sándwich 1, la relación de espesor t_c/t_f , en la cual t_f es el espesor de cada capa de superficie 3A y 3B y t_c es el espesor de la capa núcleo 5, es no menor que 2,0 y no mayor que 7,0. Como se demuestra en los ejemplos que se describen más adelante, cuando la relación de espesor t_c/t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 de la lámina metálica sándwich 1 se encuentra en este intervalo, una longitud de onda de pandeo de la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención es pequeña.

Específicamente, si la relación de espesor t_c/t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 es menor que 2,0, el efecto de la energía de deformación de la capa núcleo 5 es pequeño en la energía de deformación para la deformación por colapso en una dirección axial, por lo cual no se puede hacer corta la longitud de onda de pandeo. Por otro lado, si la relación de espesor t_c/t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 es mayor que 7,0, la capa núcleo 5 tiene un espesor mayor con respecto al espesor de cada capa de superficie 3A y 3B, y la rigidez es considerablemente diferente entre cada capa de superficie 3A y 3B y la lámina metálica sándwich 1. Por lo tanto, en la pieza amortiguadora de energía de impacto, hay una posibilidad de que las capas de unión 7A y 7B se rompan y que la deformación por colapso en la forma de fuelle no ocurra de manera estable en la dirección axial.

Asimismo, en la lámina metálica sándwich 1, la relación de espesor t_c/t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 puede ser, preferiblemente, no menor que 3,5 y no mayor que 5,0. Cuando la relación de espesor t_c/t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 de la lámina metálica sándwich 1 se encuentra en este intervalo, en la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención, la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurre de manera estable en la dirección axial a una longitud de onda de pandeo que se disminuyó adicionalmente. Específicamente, cuando la relación de espesor t_c/t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 es no menor que 3,5 y no mayor que 5,0, la energía de deformación de la capa núcleo 5 y la energía de deformación de cada capa de superficie 3A y 3B están equilibradas preferiblemente para la deformación por colapso en la dirección axial, por lo cual se hace corta adicionalmente la longitud de onda de pandeo.

En la lámina metálica sándwich 1, la relación E_c/E_f del módulo de Young E_f de cada capa de superficie 3A y 3B y el módulo de Young E_c de la capa núcleo 5 puede ser no menor que 1×10^{-3} y no mayor que 1×10^{-1} . Cuando la relación E_c/E_f del módulo de Young de cada capa de superficie 3A y 3B y el módulo de Young de la capa núcleo 5 de la lámina metálica sándwich se encuentra en este intervalo, se mejora la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto en la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención.

Específicamente, si la relación E_c/E_f del módulo de Young de cada capa de superficie 3A y 3B y el módulo de Young de la capa núcleo 5 de la lámina metálica sándwich es menor que 1×10^{-3} , la lámina metálica sándwich 1 hace corta la longitud de onda de pandeo de la pieza amortiguadora de energía de impacto, pero disminuye una carga promedio W de la deformación por pandeo debido a la disminución del valor de E_c y, por lo tanto, disminuye la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto. Por lo tanto, no es preferible que la relación E_c/E_f sea menor que 1×10^{-3} . Por otro lado, si la relación E_c/E_f del módulo de Young de cada capa de superficie 3A y 3B y el módulo de Young de la capa núcleo 5 de la lámina metálica sándwich es mayor que 1×10^{-1} , dado que el módulo de Young E_c de la capa núcleo 5 es considerable, es poco probable que ocurra la deformación por cizallamiento.

ES 2 719 960 T3

Por lo tanto, el comportamiento de la lámina metálica sándwich es similar al comportamiento de una lámina metálica elaborada a partir de un único material en la deformación por colapso en la dirección axial, por lo cual no se puede hacer corta la longitud de onda de pandeo. Por consiguiente, no es preferible que la relación E_c/E_f sea mayor que 1×10^{-1} . Debe observarse que el módulo de Young de cada capa de superficie 3A y 3B y la capa núcleo 5 puede medirse mediante, por ejemplo, un ensayo de tracción de acuerdo con ASTM-D638, o similares.

Las capas de unión 7A y 7B están formadas por un material de unión conocido públicamente. Por ejemplo, las capas de unión 7A y 7B pueden estar formadas por un adhesivo, un adhesivo conductor o un material de soldadura fuerte. Como adhesivo, se puede utilizar, por ejemplo, un adhesivo a base de epoxi, un adhesivo a base de acrílico o un adhesivo a base de uretano. Como adhesivo conductor, se puede utilizar un adhesivo en el cual se agrega una cantidad especificada de polvo metálico de aluminio, níquel, hierro, o similares a uno de los adhesivos descritos anteriormente. Además, como material de soldadura fuerte, se puede utilizar soldadura suave (soldadura) que se elabora a partir de una aleación de plomo, estaño, antimonio, cadmio, zinc, o similares, un material de soldadura a base de Ni-Cr, o una soldadura dura como soldadura de cobre, soldadura de oro, soldadura de paladio, soldadura de plata o soldadura de aluminio.

Entre estos materiales de unión, cuando la capa núcleo 5 se elabora a partir de un material conductor, las capas de unión 7A y 7B están formadas preferiblemente a partir del adhesivo conductor o el material de soldadura fuerte. En este caso, la totalidad de la lámina metálica sándwich 1 posee conductividad, por lo cual se obtiene de manera confiable una soldabilidad, y la lámina metálica sándwich 1 puede unirse mediante un método como soldadura.

Las capas de unión 7A y 7B tienen preferiblemente un módulo de cizallamiento no menor que 50 MPa y no mayor que 500 MPa para controlar la deformación por cizallamiento de la capa que está formada a partir de la capa núcleo 5 y las capas de unión 7A y 7B. Si las capas de unión 7A y 7B tienen un módulo de cizallamiento menor que 50 MPa, las capas de unión 7A y 7B pueden deformarse por cizallamiento de manera excesiva y pueden provocar que las capas de superficie 3A y 3B se deformen independientemente una de la otra, por lo cual es difícil que ocurra de manera estable la deformación por pandeo. Por lo tanto, no es preferible que las capas de unión 7A y 7B tengan un módulo de cizallamiento menor que 50 MPa. Por otro lado, si las capas de unión 7A y 7B tienen un módulo de cizallamiento mayor que 500 MPa, es difícil que ocurra la deformación por cizallamiento de la capa que está formada a partir de la capa núcleo 5 y las capas de unión 7A y 7B, por lo cual existe una posibilidad de un aumento de la longitud de onda de pandeo. Por lo tanto, no es preferible que las capas de unión 7A y 7B tengan un módulo de cizallamiento mayor que 500 MPa. Debe observarse que el módulo de cizallamiento puede medirse mediante un ensayo de cizallamiento por tracción de acuerdo con JIS-K6850.

Como material de unión que tiene un módulo de cizallamiento mayor que 500 MPa, se puede describir un material de soldadura fuerte. En caso de usar el material de soldadura fuerte, dado que el material de soldadura fuerte debe fundirse mediante calor, una capa núcleo capaz de unirse con el material de soldadura se elabora a partir de un material metálico que tiene un punto de fusión igual o superior al punto de fusión del material de soldadura fuerte, o está formado a partir de un cuerpo estructural, en el cual se proporciona una estructura al material metálico. Dado que esta capa núcleo está elaborada a partir de un material que no se deforma por cizallamiento fácilmente en comparación con un material no metálico como resina, como se describió anteriormente, una lámina metálica sándwich que utiliza el material de soldadura fuerte puede deformarse a una longitud de onda de pandeo larga que sea igual a la longitud de onda de pandeo de una lámina metálica. Por otro lado, en una lámina metálica sándwich que utiliza un material de unión que tiene un módulo de cizallamiento menor que 50 MPa, las capas de unión se deforman por cizallamiento de manera excesiva, y las láminas metálicas de las capas de superficie se deforman de manera independiente entre sí. Como resultado, hay una probabilidad de que la lámina metálica sándwich se deforme a una longitud de onda de pandeo larga que sea la misma que la longitud de onda de pandeo de una lámina metálica, en función del material utilizado para la capa núcleo. Por consiguiente, para elaborar la lámina metálica sándwich de modo que la deformación ocurra de manera más estable a una longitud de onda de pandeo corta, el módulo de cizallamiento del material de unión es, preferiblemente, no menor que 50 MPa y no mayor que 500 MPa.

Asimismo, cuando el módulo de cizallamiento del material de unión es no menor que 100 MPa y no mayor que 300 MPa, las capas de unión tienden a deformarse por cizallamiento a un grado apropiado, por lo cual la lámina metálica sándwich se elabora de modo que la deformación ocurra de manera más estable a una longitud de onda de pandeo corta. Como material de unión con un módulo de cizallamiento no menor que 100 MPa y no mayor que 300 MPa, específicamente, se puede describir un adhesivo a base de epoxi, un adhesivo a base de acrílico o un adhesivo a base de uretano.

Cuando la capa núcleo se elabora a partir de un material conductor, el material de unión es,

preferiblemente, un adhesivo conductor desde el punto de vista de obtener la soldabilidad de la lámina metálica sándwich. Específicamente, se puede utilizar un adhesivo, en el cual se agrega una cantidad especificada de polvo metálico, como polvo de aluminio, polvo de níquel, polvo de hierro, o similares, a un adhesivo que se describe más adelante. Además, para llevar a cabo una soldadura de manera estable, la resistividad eléctrica del adhesivo conductor es, preferiblemente, no menor que $1,0 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ y no mayor que $1,0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$.

En la descripción anterior, se describe la lámina metálica sándwich 1 para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención. Si bien la lámina metálica sándwich 1 para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención puede producirse mediante el uso de un método de laminación conocido públicamente, específicamente, la lámina metálica sándwich 1 puede producirse mediante el siguiente método de producción.

(Método de fabricación para una lámina metálica sándwich

Un material de unión (por ejemplo, adhesivo) se aplica en cada superficie de la capa núcleo 5, y luego se laminan la capa de superficie 3B, la capa núcleo 5 y la capa de superficie 3A, en este orden, y se presurizan a una temperatura ordinaria o mediante calentamiento, mediante lo cual se obtiene la lámina metálica sándwich 1. De manera alternativa, se aplica un material de unión en una superficie de cada capa de superficie 3A y 3B, y luego se laminan las capas de superficie 3A y 3B en la capa núcleo 5 al colocar la capa núcleo 5 entre las superficies de las capas de superficie 3A y 3B que se aplican con el material de unión. Luego, la capa de superficie 3B, la capa núcleo 5 y la capa de superficie 3A se presurizan a una temperatura ordinaria o mediante calentamiento, mediante lo cual se obtiene la lámina metálica sándwich 1.

A continuación, se describen los efectos de construir una pieza amortiguadora de energía de impacto mediante el uso de la lámina metálica sándwich anterior.

Al laminar la capa núcleo que tiene una densidad menor que las capas de superficie, la lámina metálica sándwich tiene un peso liviano en comparación con una lámina metálica que tiene un espesor igual al espesor total de la lámina metálica sándwich. Por lo tanto, la pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de la lámina metálica sándwich se reduce considerablemente en peso con respecto a una pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de la lámina metálica. Como se describió anteriormente, la deformación de la pieza amortiguadora de energía de impacto cuando se aplica una carga de impacto ocurre de modo que se generen y doblen pliegues por pandeo. En dicha deformación, ocurre principalmente la deformación por pliegue, en la cual la resistencia de deformación (rigidez, fuerza) es proporcional al cuadrado o al cubo del espesor total. Por lo tanto, en la pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de la lámina metálica sándwich, de la cual el espesor total puede aumentarse mientras el peso no se aumenta considerablemente, se mejora la cantidad amortiguable de la energía de impacto en comparación con una lámina metálica que tiene el mismo peso que la lámina metálica sándwich.

(Tasa de deformación de la capa central de una lámina metálica sándwich)

A continuación, se describe una tasa de deformación de una capa central de la lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención.

La tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto es no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %. En este caso, la capa central de la lámina metálica sándwich es una capa diferente a las capas de superficie de la lámina metálica sándwich. Específicamente, la capa central es una capa formada a partir de la capa núcleo y las capas de unión. La tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich es un índice de la deformación por cizallamiento de la capa central en la deformación por colapso. Específicamente, la tasa de deformación es una tasa de disminución de la rigidez flexural (Dexp: en adelante denominada una rigidez medida), que se mide mediante un experimento, a partir de una rigidez calculada (Dcal), que se calcula en función de la estructura de la lámina metálica sándwich.

$$(\text{Tasa de deformación de la capa central de una lámina metálica sándwich}) = 100 \times (\text{Dcal} - \text{Dexp}) / \text{Dcal}$$

A continuación, se describe la razón para controlar la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich de modo de que sea no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %.

Dado que las capas de unión también se deforman considerablemente en la deformación por colapso, es importante controlar la deformación por cizallamiento de tanto la capa núcleo como las capas de unión. Sin embargo, como se describió anteriormente, en los informes respecto a la deformación por colapso de una pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de una lámina metálica sándwich, la deformación de la capa núcleo se controla de manera estricta, pero no se

considera la deformación de las capas de unión, por lo que hubo casos en los cuales la deformación por colapso no ocurrió a una longitud de onda de pandeo corta. Por lo tanto, para hacer que la deformación por colapso ocurra de forma más estable a una longitud de onda de pandeo corta, es necesario comprender y controlar adecuadamente la deformación por cizallamiento de la capa central que sea una
 5 capa combinada de la capa núcleo y las capas de unión de la lámina metálica sándwich. No obstante, no se ha establecido un método de prueba para comprender la deformación por cizallamiento de la capa central de la lámina metálica sándwich en la deformación por colapso. En vista de esto, en la presente invención, la tasa de deformación de la capa central, que puede calcularse a partir de la diferencia entre una rigidez medida que se obtiene mediante un ensayo de flexión en tres puntos y una rigidez
 10 calculada que se estima a partir de la estructura de la lámina metálica sándwich, se utiliza como índice de la deformación por cizallamiento de la capa central de la lámina metálica sándwich. La rigidez medida es un valor que refleja la deformación por cizallamiento de la capa central, mientras que la rigidez calculada es un valor que no refleja la deformación por cizallamiento de la capa central. Por lo tanto, la diferencia entre la rigidez medida y la rigidez calculada deriva del efecto de la deformación por
 15 cizallamiento de la capa central.

Cuando la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich es no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %, la capa central se deforma por cizallamiento a un grado adecuado y se deforma mediante una energía de deformación más pequeña, por lo que la lámina metálica sándwich se
 20 deforma a una longitud de onda de pandeo corta. Por consiguiente, la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich es, preferiblemente, no menor que 7,0 % o no mayor que 75,0 %.

Por otro lado, si la tasa de deformación de la capa central es menor que 7,0 %, la capa central es difícil que se deforme por cizallamiento, por lo cual la deformación por colapso ocurre a una longitud de onda de pandeo larga que es la misma que la longitud de onda de pandeo de un único material. Además, si la tasa de deformación de la capa central es mayor que 75,0 %, la capa central se deforma por cizallamiento de manera excesiva, por lo cual es poco probable que las capas de superficie estén restringidas por la capa central. Como resultado, la energía de deformación es menor cuando las capas de superficie se deforman a una longitud de onda de pandeo larga en lugar de una longitud de onda de pandeo corta, y, por lo tanto, la deformación por colapso ocurre a una longitud de onda de pandeo larga que es igual a la longitud de onda de pandeo de un único material. Por consiguiente, al controlar la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto de modo que sea no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %, la lámina metálica sándwich se configura de modo que la deformación por colapso ocurra de manera más estable a una longitud de onda de pandeo corta.

Asimismo, en el caso de la lámina metálica sándwich, dado que el grado de la rigidez flexural depende básicamente de la tasa de deformación de la capa central, la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich es, más preferiblemente, no menor que 7,0 % y no mayor que 50,0 %. Cuando la tasa de deformación de la capa central no es mayor que 50,0 %, la cantidad de disminución de la rigidez de la lámina metálica sándwich debido a la deformación por cizallamiento de la capa central es pequeña, por lo cual la deformación por colapso ocurre a una longitud de onda de pandeo corta, mientras que se obtiene una cantidad amortiguable suficiente de la energía de impacto.

(Forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto)

A continuación, se describe una forma preferible de la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención.

En la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención, cualquier sección transversal que sea perpendicular a la dirección de amortiguación tiene una curva, de la cual el radio de curvatura mínimo es no menor que 7,0 mm, y tiene una parte curva a no menos de 30,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, y la sección transversal tiene una estructura cerrada o tiene una abertura a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal. En este caso,
 55 la longitud circunferencial y la longitud de la parte curva de cualquier sección transversal que sea perpendicular a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto (en adelante, abreviado como sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto) son valores que se obtienen mediante la medición de una línea (en adelante, denominada línea central) que conecta el centro de espesor de la lámina metálica sándwich. En la presente memoria descriptiva, debe observarse que una línea tiene un radio de curvatura no mayor que 1 metro se define como una curva, y una línea que tiene un radio de curvatura mayor que 1 metro se define como una línea recta. Además, el radio de curvatura mínimo de la curva en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto es el valor mínimo entre los valores que se obtienen al medir cada radio de curvatura en la curva.

En el caso en el cual la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto tiene una

abertura a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, la longitud de la
 5 abertura es la longitud de la línea recta que conecta los extremos de la abertura, y la longitud
 circunferencial de la sección transversal que tiene la abertura es la suma de la longitud de la línea
 recta, que conecta los extremos de la abertura, y la longitud de la línea central de la sección transversal
 que tiene la abertura. Por lo tanto, la relación de la abertura es un valor que se obtiene al dividir la
 10 longitud de la línea recta, que conecta los extremos de la abertura por la longitud circunferencial de la
 sección transversal que tiene la abertura. Al medir la circunferencia externa de cualquier sección
 transversal que sea perpendicular a la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía
 de impacto mediante un dispositivo de medición de la forma tridimensional, y al considerar el espesor
 de la lámina metálica o la lámina metálica sándwich, se puede determinar la longitud circunferencial, la
 longitud de la parte curva, el radio de curvatura y la longitud de la abertura de la pieza amortiguadora
 de energía de impacto.

15 En este caso, se describe la razón de que sea difícil que la deformación por colapso en la forma de
 fuelle ocurra de manera estable cuando se aplica una carga oblicua a una pieza amortiguadora de
 energía de impacto.

20 Cuando una carga oblicua se aplica a una pieza amortiguadora de energía de impacto, la deformación
 local tiende a ocurrir en una parte en la cual se aplica la carga oblicua primero. En el caso de una
 lámina metálica común, dado que la deformación local que ocurre en ese momento es una deformación
 que ocurre a una longitud de onda de pandeo larga, la parte que se deforma a la longitud de onda de
 pandeo larga se convierte en un punto de inicio, y la deformación tiende a ocurrir de modo que la
 25 totalidad de la pieza amortiguadora de energía de impacto se doble. Por tanto, cuando se aplica una
 carga oblicua, la deformación por colapso en la forma de fuelle no ocurre de manera estable en muchos
 de los casos.

30 Con respecto a una lámina metálica común, como se describió anteriormente, se formula una técnica
 para impedir la deformación, en la cual la totalidad de la pieza amortiguadora de energía de impacto se
 dobla, al formar una sección transversal complicada de modo de que la longitud de onda de pandeo
 disminuya. Por otro lado, en el caso de la lámina metálica sándwich, esta técnica también es eficaz,
 pero la longitud de onda de pandeo se puede hacer corta y la deformación, en la cual la totalidad de la
 35 pieza amortiguadora de energía de impacto se dobla, se puede impedir mediante un método simple,
 específicamente, al proporcionar una parte curva a la sección transversal de la pieza amortiguadora de
 energía de impacto.

40 Específicamente, la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención
 preferiblemente tiene una parte curva a no menos de 30,0 % de la longitud circunferencial de la sección
 transversal. Si la parte curva es menor que 30,0 % de la longitud circunferencial de la sección
 transversal, se aumenta la longitud de la parte recta en la sección transversal de la pieza amortiguadora
 de energía de impacto, por lo cual hay una probabilidad de aumento de la longitud de onda de pandeo.
 La razón de este punto se describe más adelante.

45 En una lámina metálica común, la longitud de onda de pandeo corresponde a la longitud de onda de la
 parte recta. En la lámina metálica sándwich, dado que la lámina metálica sándwich se deforma a una
 longitud de onda de pandeo corta, la longitud de onda de pandeo no corresponde, pero depende de la
 longitud de la parte recta (es decir, la longitud de onda de pandeo tiende a aumentar con el aumento de
 la longitud de la parte recta). Por tanto, para hacer que la deformación ocurra a una longitud de onda de
 50 pandeo corta, la parte curva debe hacerse a no menos de 30,0 % de la longitud circunferencial de la
 sección transversal de modo que la longitud de la parte recta no aumente lo más posible. La parte curva
 se elabora preferiblemente a no menos de 50,0 % de la longitud circunferencial de la sección
 transversal para hacer que la deformación ocurra de manera más estable a una longitud de onda de
 pandeo corta. Es decir, se utiliza preferiblemente una forma que tiene una parte recta con una longitud
 55 más corta como la forma de sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto.
 Cuando la parte curva se elabora a no menos de 50,0 % de la longitud circunferencial de la sección
 transversal, la deformación ocurre a una longitud de onda de pandeo corta de manera más estable, y la
 deformación por colapso en la forma de fuelle ocurre de manera más estable incluso cuando el ángulo
 transversal de la carga oblicua es grande.

60 Cuando se comparan la lámina metálica sándwich y una lámina metálica, que tiene el mismo grado de
 la cantidad amortiguable de la energía de impacto, el espesor de la lámina metálica sándwich es mayor
 que el espesor de la lámina metálica. Por tanto, en el caso de la lámina metálica sándwich, se genera
 un mayor esfuerzo en la capa de superficie al formar la parte curva, y la capa de superficie tiende a
 romperse. Por lo tanto, el radio de curvatura mínimo de la parte curva en la sección transversal de la
 65 pieza amortiguadora de energía de impacto es preferiblemente no menor que 7,0 mm. Si el radio de
 curvatura mínimo de la parte curva es menor que 7,0 mm, durante la flexión para producir la pieza
 amortiguadora de energía de impacto, se genera un gran esfuerzo en la capa de superficie, y la capa de

superficie tiende a romperse, por lo que puede haber casos en los cuales no se pueda obtener una forma transversal deseada. Por consiguiente, el radio de curvatura mínimo de la parte curva en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto es preferiblemente no menor que 7,0 mm.

5 La pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención tiene una sección transversal que tiene una estructura cerrada o tiene una abertura a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal. En el caso en que la forma transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto sea una estructura abierta con una abertura, se forman extremos libres (partes no restringidas) en la pieza amortiguadora de energía de impacto. En el caso de una lámina metálica común como se muestra en la vista (A) de la Figura 4, cuando se aplica una carga de impacto en la dirección indicada por la flecha grande, la proximidad de un extremo libre de una superficie de extremo 21 de una abertura tiende a deformarse a una longitud de onda de pandeo corta de modo que la lámina simplemente se doble como se muestra en la vista (B) de la Figura 4. Por lo tanto, la proximidad de la abertura (proximidad del extremo libre) se deforma a una longitud de onda de pandeo larga en la formación por impacto, y la totalidad de la pieza se deforma por flexión a partir de la parte deformada de la proximidad, por lo que la deformación por colapso en la forma de fuelle no ocurre de manera estable. Por otro lado, en la lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención, incluso un extremo libre tiende a deformarse a una longitud de onda de pandeo corta y, por lo tanto, es probable que la deformación por colapso ocurra de manera estable. Sin embargo, si la relación de la abertura es 15,0 % o mayor, la totalidad de la pieza tiende a deformarse por flexión a partir de la abertura, por lo cual existe una probabilidad de que la deformación por colapso no ocurra de manera estable.

25 Como se describió anteriormente, una pieza amortiguadora de energía de impacto, que se elabora al formar la lámina metálica sándwich en la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención, se configura de modo que la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurra de manera más estable incluso en una dirección transversal a la dirección de amortiguación y con un peso liviano.

30 Asimismo, dado que se prevee que la cantidad amortiguable de la energía de impacto aumente, la lámina metálica sándwich se forma preferiblemente de modo que la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención posea 4 o más partes ahuecadas que se forman respectivamente a partir de una curva con un radio de curvatura no menor que 7 mm. En este caso, la parte ahuecada es una parte curva que tiene un radio de curvatura no menor que 7 mm y no mayor que 15 mm y tiene un centro de curvatura en una parte exterior de la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Es decir, la parte ahuecada es una parte curva que está ahuecada hacia adentro (hacia el centro) en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

40 La parte ahuecada tiene una rigidez alta en comparación con la parte curva que tiene un radio de curvatura grande y en comparación con la parte recta. Por lo tanto, al proporcionar 4 o más partes ahuecadas a la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto, se prevee que la cantidad amortiguable de la energía de impacto aumente considerablemente. Por otro lado, si la cantidad de partes ahuecadas en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto es menor que 4, no se obtiene considerablemente el efecto para aumentar la cantidad amortiguable de la energía de impacto. Sin embargo, si la pieza amortiguadora de energía de impacto se forma de modo de proporcionar 16 o más partes ahuecadas en la sección transversal, la forma es muy complicada, lo que provoca un problema de aumento del costo de formación, aun cuando se aumenta la cantidad amortiguable de la energía de impacto.

A continuación, se describirán ejemplos específicos de la forma de la presente invención.

55 La forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención no está específicamente limitada siempre y cuando la pieza amortiguadora de energía de impacto se forme de la siguiente manera. Es decir, la sección transversal tiene al menos una curva con un radio de curvatura mínimo no menor que 7,0 mm y tiene una parte curva a no menos de 30,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, y la sección transversal tiene una estructura cerrada o tiene una abertura a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal.

60 Por ejemplo, la forma incluye una forma circular en la cual la parte curva se forma al 100 % de la longitud circunferencial de la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto, una forma de elipse, en la cual el radio de curvatura de la curva cambia continuamente, una forma en la cual una forma de elipse se mezcla como se muestra en la Figura 5 y formas similares a estas.

65 En el caso en el cual la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto tiene una

parte recta, se puede describir una forma, en la cual una forma circular o una forma de elipse se conecta mediante una línea recta como se muestra en las vistas (A) y (B) de la Figura 6, y formas similares a esta. En la forma que se muestra en la Figura 5 y la vista (B) de la Figura 6, dado que existen cuatro partes ahuecadas 22 en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto, se prevee que la cantidad amortiguable de la energía de impacto aumente.

En el caso en el cual la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto tiene una abertura a menos del 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, se puede describir una forma, en la cual una abertura de la pieza amortiguadora de energía de impacto se forme continuamente en la dirección de amortiguación, y una forma, en la cual una abertura se forme de manera intermitente en la dirección de amortiguación. En el caso de la forma que se muestra en la vista (A) de la Figura 7, la sección transversal en la posición "a" se muestra en la vista (B) de la Figura 7, y la sección transversal en la posición "b" se muestra en la vista (C) de la Figura 7. En este caso, dado que la abertura se forma de manera intermitente parcialmente en la dirección de amortiguación, se retira un material para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto, por lo cual se prevee que se reduzca el peso de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

(Método de producción de la pieza amortiguadora de energía de impacto)

Por último, se describe un método de producción de la pieza amortiguadora de energía de impacto según una realización de la presente invención.

La pieza amortiguadora de energía de impacto puede producirse mediante un método conocido públicamente, y el método de producción no está específicamente limitado. Por ejemplo, se puede producir una pieza amortiguadora de energía de impacto mediante la ejecución de cualquiera o algunos de los procesos como curvado por prensado, trefilado, laminado y similares en una lámina metálica sándwich.

(Efectos ventajosos)

La presente invención proporciona una pieza amortiguadora de energía de impacto que amortigua la energía de impacto cuando una carga de impacto se aplica a una de las partes de extremo en la dirección de amortiguación de la pieza. La pieza amortiguadora de energía de impacto se construye mediante la formación de una lámina metálica sándwich, en la cual una capa de superficie que se forma a partir de una lámina metálica se lamina en cada superficie de una capa núcleo y se unen entre sí. En la lámina metálica sándwich, la capa central que no sea las capas de superficie tiene una tasa de deformación no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %. La tasa de deformación es una tasa de disminución de la rigidez flexural, que se mide mediante un experimento, a partir de una rigidez calculada, que se calcula en función de la estructura de la lámina metálica sándwich.

La pieza amortiguadora de energía de impacto que se construye a partir de la lámina metálica sándwich tiene una forma transversal que tiene al menos una curva y tiene una parte curva a no menos de 30,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal. Por lo tanto, incluso cuando se aplica una carga oblicua, la lámina metálica sándwich se deforma a una longitud de onda de pandeo corta y la deformación por colapso en la forma de fuelle tiende a ocurrir de manera estable en la pieza amortiguadora de energía de impacto.

Al configurar la relación de espesor t_c/t_f del espesor t_f de cada capa de superficie 3A y 3B y el espesor t_c de la capa núcleo 5 de la lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto a no menos de 2,0 y no más de 7,0, se hace corta la longitud de onda de pandeo, y se mejora la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto.

No es necesario formar la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención en una forma complicada, y la eficiencia de la amortiguación de la energía de impacto se mejora al utilizar la pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma más simple. Asimismo, en la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención, no hay necesidad de disminuir adicionalmente la relación del módulo de Young de cada capa de superficie y la capa núcleo de la lámina metálica sándwich para hacer corta la longitud de onda de pandeo. Por lo tanto, se mejora la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto sin cambiar la resistencia de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

Además, al proporcionar una abertura en la forma transversal a menos de 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, se reduce adicionalmente el peso y la deformación por colapso ocurre de manera estable. Al construir la pieza amortiguadora de energía de impacto mediante el uso de la lámina metálica sándwich, se reduce adicionalmente el peso del miembro y la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurre de manera más estable al controlar de manera estricta la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich. Como resultado, la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurre de manera más estable no solo en una colisión desde una

dirección frontal, sino también en una colisión desde una dirección oblicua, mediante la cual se amortigua la energía de impacto. Mientras tanto, al estar formada a partir de un material de peso liviano, se puede reducir el peso de la pieza en sí misma. Por tanto, se obtiene una cantidad amortiguable suficiente de la energía de impacto mientras que se mejora la eficiencia del combustible.

[Ejemplos]

A continuación, la presente invención se describe más específicamente con el uso de ejemplos.

(Primer ejemplo)

(Estructuras y métodos de producción de láminas metálicas sándwich utilizadas)

Las láminas metálicas sándwich que tienen capas de superficie y una capa núcleo, que se muestran en la Tabla 1, se formaron como ejemplos de la presente invención y ejemplos comparativos. La capa de superficie y la capa núcleo se unieron entre sí mediante el uso de uno de entre un adhesivo (1) (material base: resina epoxi, cantidad recubierta: 200 g/m^2 , módulo de cizallamiento: 300 MPa), un adhesivo (2) (lámina de poliolefina modificada, cantidad recubierta: 300 g/m^2 , módulo de cizallamiento: 220 MPa), un adhesivo (3) (material base: resina de uretano, cantidad recubierta: 200 g/m^2 , módulo de cizallamiento: 135 MPa) y un adhesivo (4) (material base: resina de uretano, material suave, cantidad recubierta: 200 g/m^2 , módulo de cizallamiento: 30 MPa).

Cada lámina metálica sándwich A y H se formó mediante el uso del adhesivo (1) como material de unión y al laminar el material de unión, una capa núcleo, el material de unión y una capa de superficie en una capa de superficie, en este orden, y al calentarlas a 180° C . Luego, las capas de superficie, los materiales de unión y la capa núcleo, que estaban laminadas, se unieron por termocompresión a una fuerza de compresión de 40 kgf/cm^2 (no mayor que 2,92 MPa) durante 20 minutos y luego se enfriaron a una temperatura ordinaria, mediante lo cual se obtuvo cada lámina metálica sándwich.

Cada lámina metálica sándwich B, D, E, G, I, K se formó mediante el uso del adhesivo (2) como material de unión. El material de unión, una capa núcleo, el material de unión y una capa de superficie se laminaron en una capa de superficie, en este orden, y se presurizaron a 240° C y a 40 kgf/cm^2 durante 1 minuto, mediante lo cual se obtuvo cada lámina metálica sándwich.

Cada lámina metálica sándwich C y F se formó mediante el uso del adhesivo (3) como material de unión. Las capas de superficie, los materiales de unión y una capa núcleo, que estaban laminados, se calentaron a 80° C y se unieron por termocompresión a una fuerza de compresión de 40 kgf/cm^2 durante 30 minutos, y luego se enfriaron a una temperatura ordinaria, mediante lo cual se obtuvo cada lámina metálica sándwich.

Una lámina metálica sándwich J se formó mediante el uso de un material de soldadura fuerte (material de soldadura fuerte de baja temperatura de un metal a base de Sn-Pb, punto de fusión: 183° C , cantidad utilizada: 15 g/m^2 , módulo de cizallamiento: mayor que 500 MPa) como material de unión. Las capas de superficie, los materiales de unión y una capa núcleo, que estaban laminados, se calentaron a 300° C y se unieron por termocompresión a una fuerza de compresión de 40 kgf/cm^2 durante 20 minutos, y luego se enfriaron a una temperatura ordinaria, mediante lo cual se formó la lámina metálica sándwich.

Una lámina metálica sándwich L se formó mediante el uso del adhesivo (4) como material de unión. Las capas de superficie, los materiales de unión y una capa núcleo, que estaban laminados, se calentaron a 80° C y se unieron por termocompresión a una fuerza de compresión de 40 kgf/cm^2 durante 20 minutos, y luego se enfriaron a una temperatura ordinaria, mediante lo cual se formó la lámina metálica sándwich.

La lámina metálica que se utilizó como la capa de superficie de cada lámina metálica sándwich fue una de entre una lámina de acero calmado de Al (tensión de fluencia: 400 MPa), una lámina de aleación de Al (tensión de fluencia: 150 MPa), y una lámina de Al puro (tensión de fluencia: 80 MPa).

El material que se utilizó como la capa núcleo de cada lámina metálica sándwich fue uno de entre una malla metálica (diámetro de alambre: 0,6 mm, separación entre alambres: 2 mm, densidad: $1,76 \text{ g/cm}^3$), polipropileno (densidad: $0,94 \text{ g/cm}^3$), un metal perforado (agujeros rectangulares, diámetro del agujero: 4 mm, paso: 4,5 mm, relación de abertura: 79,0 %, densidad: $1,63 \text{ g/cm}^3$), polietileno espumado que tiene una relación de expansión de 2 veces (relación de expansión de 2 veces, densidad: $0,45 \text{ g/cm}^3$), una lámina de acero laminado en frío (densidad: $7,8 \text{ g/cm}^3$), y poliestireno espumado que tiene una relación de expansión de 50 veces (relación de expansión de 50 veces, densidad: $0,021 \text{ g/cm}^3$).

En los ejemplos comparativos, se utilizó una lámina de acero de alta resistencia de clase 980 MPa (espesor: 1,0 mm).

(Método de cálculo de la tasa de deformación de la capa central de una lámina metálica sándwich)

5 Cada lámina metálica sándwich se cortó en un tamaño de un ancho de 25 mm y una longitud de 60 mm, mediante lo que se obtuvo cada muestra para un ensayo de flexión en tres puntos. El ensayo de flexión en tres puntos se llevó a cabo de acuerdo con ASTM D790. Específicamente, la flexión en tres puntos se llevó a cabo en una condición en la cual una distancia entre fulcros fue 50 mm, un radio de un elemento de presión fue 5 mm, un radio de un soporte fue 5 mm y una velocidad de prueba fue 5 mm/minuto. Una inclinación (P_{exp}/δ_{exp}) en una región de deformación elástica se calculó a partir de una curva de desplazamiento de carga que se obtuvo a partir del ensayo de flexión en tres puntos y se
 10 substituyó en la fórmula (i), mediante la cual se calculó la rigidez D_{exp} de la lámina metálica sándwich.

Luego, se calculó una rigidez calculada D_{cal} a partir de la fórmula (ii) y se determinó una tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich representada por la fórmula (iii).

15
$$D_{exp} = (P_{exp}/\delta_{exp}) \times (L^3/48)(i)$$

$$D_{cal} = Eb(H^3 - h^3)/12(ii)$$

20
$$(Tasa\ de\ deformación\ de\ la\ capa\ central\ de\ una\ lámina\ metálica\ sándwich) = 100 \times (D_{cal} - D_{exp})/D_{cal}$$

 (iii)

25 En este caso, la "P" representa una carga, "δ" representa un desplazamiento, "L" representa una distancia entre fulcros, "E" representa el módulo de Young de una capa de superficie, "b" representa un ancho de una muestra, "H" representa el espesor de una lámina metálica sándwich y "h" representa el espesor de una capa núcleo.

[Tabla 1]

Tabla 1

lámina metálica sándwich	capa de superficie		capa núcleo		material de unión	t_c/t_f	ρ_c/ρ_t	tasa de deformación de capa central (%)
	material	espesor (mm)	material	espesor (mm)				
A	lámina de acero calmado de Al	0,3	malla metálica	1,4	adhesivo (1)	4,7	0,226	13,2
B	lámina de acero calmado de Al	0,3	malla metálica	1,4	adhesivo (2)	4,7	0,226	14,5
C	lámina de acero calmado de Al	0,3	malla metálica	1,4	adhesivo (3)	4,7	0,226	17,3
D	lámina de aleación de Al	0,3	polipropileno	1,4	adhesivo (2)	4,7	0,348	24,5
E	lámina de acero calmado de Al	0,3	polipropileno	1,4	adhesivo (2)	4,7	0,121	45,6
F	lámina de acero calmado de Al	0,3	metal perforado	1,4	adhesivo (3)	4,7	0,209	9,6
G	lámina de acero calmado de Al	0,3	polietileno espumado (relación de expansión de 2 veces)	1,4	adhesivo (2)	4,7	0,058	67,7
H	lámina de acero calmado de Al	0,3	lámina de acero laminado en frío	1,4	adhesivo (1)	4,7	1	4,2
I	lámina de acero calmado de Al	0,3	poliestireno espumado (relación de expansión de 50 veces)	1,4	adhesivo (2)	4,7	0,003	83,2
J	lámina de acero calmado de Al	0,3	metal perforado	1,4	soldadura fuerte	4,7	0,209	5,8
K	lámina de Al puro	0,3	polipropileno	1,4	adhesivo (2)	4,7	0,348	24,5
L	lámina de acero calmado de Al	0,3	polipropileno	1,4	adhesivo (4)	4,7	0,121	80,7

(Formación de piezas amortiguadoras de energía de impacto a someterse a experimentación)

5 En primer lugar, se describen los métodos de formación de piezas amortiguadoras de energía de impacto, que se sometieron a una prueba por caída de peso para verificar los efectos de la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención.

10 Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "a" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica o una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 8. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200

mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 8.

Como una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "b", al formar una lámina metálica sándwich, se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la Figura 9.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "c" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 10. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 10.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "d" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 11. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 11.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "e" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica o una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 12. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 12.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "f" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 13. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 13.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "g" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 14. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 14.

Como una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "h", al formar una lámina metálica sándwich, se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la Figura 15.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "i" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich que se proporcionó con aberturas como se muestra en la vista (A) de la Figura 16, y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (B) de la Figura 16. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto (la vista (A) de la Figura 7) con una altura de 200 mm y parcialmente con una sección transversal abierta como se muestra en las vistas (B) y (C) de la Figura 7.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "j" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 17. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 17.

Como una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "k", al formar una lámina metálica sándwich, se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la Figura 18.

Se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con una forma "l" como se describe más adelante. Es decir, se formó una lámina metálica sándwich y se obtuvo una mitad de la pieza

amortiguadora de energía de impacto con una sección transversal como se muestra en la vista (A) de la Figura 19. Luego, los extremos de las mitades se unieron entre sí mediante soldadura con láser, mediante lo cual se formó la pieza amortiguadora de energía de impacto con una altura de 200 mm y con una sección transversal como se muestra en la vista (B) en la Figura 19.

5

[Tabla 2]

Tabla 2

forma	longitud circunferencial de sección transversal (mm)	longitud de parte curva (mm)	relación de parte curva (%)	radio de curvatura mínimo (mm)	estructura	longitud de abertura (mm)	relación de abertura (%)	partes ahuecadas
a	480	364	75,8	58	estructura cerrada	-	-	0
b	313	274	100	50	estructura abierta	38	12,2	0
c	396	331	100	7	estructura cerrada	-	-	4
d	562	402	71,6	7	estructura cerrada	-	-	8
e	406	331	81,5	7	estructura cerrada	-	-	4
f	242	242	100	12,5	estructura cerrada	-	-	0
g	375	87	23,4	14	estructura cerrada	-	-	0
h	157	157	100	50	estructura abierta	100	38,9	0
i	313	274	100	50	estructura parcialmente abierta	38	12,2	0
j	189	37	19,9	6	estructura cerrada	-	-	0
k	311	261	100	50	estructura abierta	50	16	0
l	365	125	34,4	20	estructura cerrada	-	-	0

10 A continuación, se describe el método de la prueba por caída de peso, que se llevó a cabo para verificar los efectos de la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención.

15 Un extremo de una pieza amortiguadora de energía de impacto, que estaba en un lado opuesto a un extremo de la pieza amortiguadora de energía de impacto a chocar con un peso, se fijó con un dispositivo de sujeción y se hizo que un peso con una masa de 120 kg cayera libremente de una altura de 3,5 metros y se chocó con la pieza amortiguadora de energía de impacto en la dirección de amortiguación a una velocidad de 30 km/h.

20 En el caso de aplicar una carga oblicua, como se muestra en la Figura 20, se fijó una pieza amortiguadora de energía de impacto "S" en un estrado de modo de inclinarse con respecto a una superficie de suelo FL de 10 grados en la dirección del ancho y la prueba de caída de peso se llevó a cabo de la misma manera en que se describió anteriormente al aplicar una carga de impacto "P" en una dirección vertical a la superficie de suelo. Luego, se rotó la pieza amortiguadora de energía de impacto "S" de 90 grados en el estrado y se fijó de modo de inclinarse con respecto a la superficie de suelo FL de 10 grados en la dirección de la profundidad y la prueba de caída de peso se llevó a cabo al aplicar una carga de impacto "P" en una dirección vertical a la superficie de suelo FL. En este caso, el contorno de la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto se adoptó como una forma

25

rectangular y una dirección con una relación de aspecto mayor se definió como la dirección del ancho de la pieza amortiguadora de energía de impacto, mientras que una dirección con una relación de aspecto menor se definió como la dirección de profundidad de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Además, la condición, en la cual la carga oblicua se aplica desde la dirección del ancho, se denomina una condición de aplicación de carga oblicua 1 y la condición, en la cual la carga oblicua se aplica desde la dirección de la profundidad, se denomina una condición de aplicación de carga oblicua 2.

(Evaluación del rendimiento de colisión)

La cantidad E_n de amortiguación de la energía de impacto hasta un colapso de 100 mm se calculó a partir de la curva de desplazamiento de carga que se obtuvo a partir de la prueba de caída de peso. Asimismo, para evaluar la ligereza de cada pieza, se obtuvo la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por masa unitaria (E_n/w) al dividir la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por la masa "w" de cada pieza y los valores de E_n/w se compararon entre sí. Además, se calculó la cantidad de amortiguación de la energía de impacto en el caso de aplicar la carga oblicua de la misma manera que se describió anteriormente.

Debe observarse que la marca "excelente" representa la ocurrencia estable de la deformación por colapso en la forma de fuelle a una longitud de onda de pandeo corta, y la marca "regular" representa la ocurrencia de la deformación por colapso en la forma de fuelle a una longitud de onda de pandeo larga, en la columna de forma de deformación en las Tablas 3 y 4. Además, la marca "deficiente" representa la ocurrencia de deformación, en la cual la totalidad de la pieza se dobló en forma de V a partir de una parte que se deformó a una longitud de onda de pandeo larga en una etapa inicial de la deformación. En este caso, la longitud de la longitud de onda de pandeo se evaluó en función de la longitud de onda de pandeo de la pieza amortiguadora de energía de impacto del ejemplo comparativo 4 que se construyó a partir de la lámina de acero. Luego, se estimó la pieza amortiguadora de energía de impacto como deformada por impacto a una longitud de onda de pandeo corta cuando la longitud de onda de pandeo de la pieza amortiguadora de energía de impacto que se sometió a la prueba fue menor que 2/3 de la longitud de onda de pandeo de la lámina de acero.

La Tabla 3 muestra los resultados de la prueba de caída de peso en el caso de la aplicación de la carga en la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

[Tabla 3]

Tabla 3

	material	Forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto	E_n/w (J/g)	forma de deformación
Ejemplo 1	lámina metálica laminada A	a	10,6	excelente
Ejemplo 2	lámina metálica laminada B	a	10,3	excelente
Ejemplo 3	lámina metálica laminada C	a	9,9	excelente
Ejemplo 4	lámina metálica laminada D	a	8,5	excelente
Ejemplo 5	lámina metálica laminada E	a	9,3	excelente
Ejemplo 6	lámina metálica laminada F	a	9,6	excelente
Ejemplo 7	lámina metálica laminada G	a	7,9	excelente
Ejemplo 8	lámina metálica laminada A	e	11	excelente

ES 2 719 960 T3

Ejemplo 9	lámina metálica laminada B	e	10,6	excelente
Ejemplo 10	lámina metálica laminada C	e	10,3	excelente
Ejemplo 11	lámina metálica laminada D	e	8,9	excelente
Ejemplo 12	lámina metálica laminada K	e	8,4	excelente
Ejemplo 13	lámina metálica laminada E	e	9,6	excelente
Ejemplo 14	lámina metálica laminada F	e	10	excelente
Ejemplo 15	lámina metálica laminada G	e	8,3	excelente
Ejemplo 16	lámina metálica laminada A	b	10,3	excelente
Ejemplo 17	lámina metálica laminada A	c	10,8	excelente
Ejemplo 18	lámina metálica laminada A	d	11,5	excelente
Ejemplo 19	lámina metálica laminada A	f	10,2	excelente
Ejemplo 20	lámina metálica laminada A	i	10,1	excelente
Ejemplo 21	lámina metálica laminada A	l	9,8	excelente
Ejemplo comparativo 1	lámina metálica laminada H	a	6,2	regular
Ejemplo comparativo 2	lámina metálica laminada I	a	6,8	regular
Ejemplo comparativo 3	lámina metálica laminada J	a	6,9	regular
Ejemplo comparativo 4	acero de alta resistencia	a	6,6	regular
Ejemplo comparativo 5	lámina metálica laminada L	e	7,5	regular
Ejemplo comparativo 6	lámina metálica laminada H	e	6,6	regular
Ejemplo comparativo 7	lámina metálica laminada I	e	7,1	regular
Ejemplo comparativo 8	lámina metálica laminada J	e	7,3	regular
Ejemplo comparativo 9	acero de alta resistencia	e	6,9	regular
Ejemplo comparativo 10	lámina metálica laminada A	g	7,4	regular

Ejemplo comparativo 11	lámina metálica laminada A	h	5,3	deficiente
Ejemplo comparativo 12	lámina metálica laminada A	j	-	-
Ejemplo comparativo 13	lámina metálica laminada A	k	6,2	deficiente

5 Cada pieza amortiguadora de energía de impacto de los ejemplos 1 a 21 tuvo un valor de En/w mayor que 6,9 y fue superior a las piezas amortiguadoras de energía de impacto de los ejemplos comparativos 4 y 9 que se construyeron a partir de acero de alta resistencia (espesor: 1 mm, resistencia a la tracción: 980 MPa) en el rendimiento de amortiguación de energía de impacto y en ligereza.

10 Las piezas amortiguadoras de energía de impacto de los ejemplos 1, 8, 17 y 18 se construyeron a partir de los mismos materiales y su única diferencia fue en sus formas. Cuando se comparan entre sí los ejemplos 1, 8, 17 y 18, el valor de En/w del ejemplo 18 fue el mayor. Dado que el ejemplo 18 tiene una forma con ocho partes ahuecadas, lo más probable es que se aumente la cantidad de amortiguación de la energía de impacto del ejemplo 18. Por lo tanto, el valor de En/w del ejemplo 18 fue considerable en comparación con los ejemplos 1, 8 y 17.

15 El valor de En/w del ejemplo 7 fue pequeño en comparación con los ejemplos 1 a 3, 5 y 6, en los cuales el material y el espesor de la capa de superficie y el espesor de la capa núcleo fueron iguales a los del ejemplo 7. Dado que la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich G del ejemplo 7 fue del valor considerable de 67,7 %, la capa central se deformó por cizallamiento, mediante lo cual se disminuyó considerablemente la rigidez de la lámina metálica sándwich. Como resultado, en el ejemplo 7, se disminuyó la cantidad de amortiguación de la energía de impacto.

20 Cuando se comparan los ejemplos 11 y 12, que difieren entre sí únicamente por la tensión de fluencia de la capa de superficie, el valor de En/w del ejemplo 11 fue mayor. Dado que la capa de superficie del ejemplo 12 tiene una tensión de fluencia tan pequeña como 80 MPa, se disminuyó levemente la cantidad de amortiguación de la energía de impacto, mediante lo cual el valor de En/w del ejemplo 12 fue menor que el valor de En/w del ejemplo 11.

30 En cada uno de los ejemplos 1 a 21, la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurrió de manera estable a una longitud de onda de pandeo corta con respecto a la carga de impacto de la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

35 Por otro lado, la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurrió de manera estable a una longitud de onda de pandeo larga en cada uno de los ejemplos comparativos 1 a 10, y cada uno de los ejemplos comparativos 11 y 13 se deformó por flexión durante la deformación. Debe observarse que la prueba de caída de peso no se llevó a cabo en el ejemplo comparativo 12 porque se observó una ruptura de la capa de superficie cuando se midió la forma del ejemplo comparativo 12 después de la formación.

40 Dado que cada uno de los ejemplos comparativos 1 y 6 tenía una capa central con una tasa de deformación tan baja como 4,2 %, la capa central casi no se deformó por cizallamiento, por lo cual la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurrió a una longitud de onda de pandeo larga.

45 Dado que cada uno de los ejemplos comparativos 2 y 7 tenía una capa central con una tasa de deformación tan considerable como 83,2 %, la capa central se deformó por cizallamiento de manera excesiva, por lo cual la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurrió a una longitud de onda de pandeo larga.

50 En el ejemplo comparativo 5, dado que se utilizó un material de unión con un módulo de cizallamiento muy pequeño, la tasa de deformación de la capa central de la lámina metálica sándwich fue muy considerable, por lo cual la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurrió a una longitud de onda de pandeo larga.

55 En cada uno del par del ejemplo 6 y ejemplo comparativo 3 y el par del ejemplo 14 y ejemplo comparativo 8, si bien solo el material de unión fue diferente entre los elementos estructurales para formar la lámina metálica sándwich para construir la pieza amortiguadora de energía de impacto, la longitud de onda de pandeo en la deformación por colapso difiere considerablemente entre ellos. En cada uno de los ejemplos comparativos 3 y 8, el material de soldadura fuerte se utilizó como el material de unión y, por lo tanto, la capa central se deformó por cizallamiento únicamente en una pequeña medida, por lo cual la deformación por colapso en la forma de fuelle ocurrió a una longitud de onda de

pandeo larga.

5 El ejemplo comparativo 10 tenía una parte curva a menos de 30 % en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Como resultado, el ejemplo comparativo 10 no se deformó a una longitud de onda de pandeo corta, sino que se deformó por colapso a una longitud de onda de pandeo larga.

10 En cada uno de los ejemplos comparativos 11 y 13, la relación de la abertura en la sección transversal de la pieza amortiguadora de energía de impacto fue no menor que 15 % y fue considerable. Como resultado, ocurrió la flexión de la parte en la proximidad de la abertura y no ocurrió la deformación por colapso.

15 La Tabla 4 muestra los resultados de la prueba de caída de peso en el caso de la aplicación de la carga oblicua a la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención.

[Tabla 4]

Tabla 4

	condición de aplicación de carga oblicua 1		condición de aplicación de carga oblicua 2		aplicación de carga en la dirección de amortiguación
	En/w	forma de deformación	En/w	forma de deformación	En/w
Ejemplo 1	10,2	excelente	10,3	excelente	10,6
Ejemplo 2	9,9	excelente	9,8	excelente	10,3
Ejemplo 3	9,4	excelente	9,4	excelente	9,9
Ejemplo 4	8,1	excelente	8,3	excelente	8,5
Ejemplo 5	9	excelente	8,9	excelente	9,3
Ejemplo 6	9,1	excelente	9,2	excelente	9,6
Ejemplo 7	7,5	excelente	7,3	excelente	7,9
Ejemplo 8	10,6	excelente	10,4	excelente	11
Ejemplo 9	10,3	excelente	10,1	excelente	10,6
Ejemplo 10	9,7	excelente	9,9	excelente	10,3
Ejemplo 11	8,5	excelente	8,6	excelente	8,9
Ejemplo 12	7,9	excelente	8,1	excelente	8,4
Ejemplo 13	9,4	excelente	9,3	excelente	9,6
Ejemplo 14	9,5	excelente	9,5	excelente	10
Ejemplo 15	7,7	excelente	8	excelente	8,3
Ejemplo 16	9,9	excelente	9,7	excelente	10,3
Ejemplo 17	10,6	excelente	10,3	excelente	10,8
Ejemplo 18	11,4	excelente	11	excelente	11,5

(continuación)

	condición de aplicación de carga oblicua 1		condición de aplicación de carga oblicua 2		aplicación de carga en la dirección de amortiguación
	En/w	forma de deformación	En/w	forma de deformación	En/w
Ejemplo 19	10	excelente	9,8	excelente	10,2
Ejemplo 20	9,7	excelente	9,7	excelente	10,1
Ejemplo 21	9,6	excelente	9,4	excelente	9,8
Ejemplo comparativo 1	2,8	deficiente	3	deficiente	6,2
Ejemplo comparativo 2	3	deficiente	3,6	deficiente	6,8
Ejemplo comparativo 3	3,4	deficiente	3,9	deficiente	6,9
Ejemplo comparativo 4	3,5	deficiente	4	deficiente	6,6
Ejemplo comparativo 5	4,8	deficiente	4,6	deficiente	7,5
Ejemplo comparativo 6	3,9	deficiente	3,2	deficiente	6,6
Ejemplo comparativo 7	3,5	deficiente	3,6	deficiente	7,1
Ejemplo comparativo 8	3,8	deficiente	3,6	deficiente	7,3
Ejemplo comparativo 9	3,3	deficiente	3,4	deficiente	6,9
Ejemplo comparativo 10	3	deficiente	2,9	deficiente	7,4
Ejemplo comparativo 11	2,9	deficiente	2,6	deficiente	5,3
Ejemplo comparativo 13	3,6	deficiente	3	deficiente	6,2

En cada uno de los ejemplos 1 a 21, el valor de En/w en cada condición de aplicación de carga oblicua 1 y 2 fue aproximadamente el mismo que el valor de En/w en el caso de aplicar la carga de impacto en la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Esto sucedió porque la lámina metálica sándwich se deformó a una longitud de onda de pandeo corta y ocurrió la deformación por colapso en la forma de fuelle de manera estable, incluso en el caso de la aplicación de la carga oblicua y, por lo tanto, casi no hubo diferencia en la cantidad de amortiguación de la energía de impacto entre los casos anteriores.

Por otro lado, en cada uno de los ejemplos comparativos 1 a 11 y 13, el valor de En/w en cada condición de aplicación de carga oblicua 1 y 2 difirió considerablemente del valor de En/w en el caso de aplicar la carga de impacto en la dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto. En cada uno de los ejemplos comparativos 1 a 11 y 13, la pieza amortiguadora de energía de impacto se deformó a una longitud de onda de pandeo larga en una parte, en la cual se aplicó la carga de impacto en primer lugar, antes de que la carga de impacto se transmitiera a la totalidad de la pieza amortiguadora de energía de impacto, mediante lo cual se deformó por flexión la totalidad de la pieza desde esta parte. Como resultado, se disminuyó la cantidad de amortiguación de la energía de impacto considerablemente.

5 Por tanto, en la pieza amortiguadora de energía de impacto de la presente invención, la deformación por colapso ocurre de manera más estable en una colisión desde una dirección frontal y también en una colisión desde una dirección oblicua, que se prevee que ocurran en un automóvil, mediante lo cual se amortigua la energía de impacto. Mientras tanto, al estar formada a partir de un material de peso liviano, se puede reducir el peso de la pieza en sí misma. Por consiguiente, se mejora tanto la seguridad de la colisión como la eficiencia del combustible.

(Segundo ejemplo)

10 (Producción de láminas metálicas sándwich)

15 En primer lugar, las capas de superficie y una capa núcleo, que se muestran en la Tabla 5, se laminaron y se unieron entre sí, mediante lo cual se formaron láminas metálicas sándwich. La capa de superficie y la capa núcleo se unieron entre sí mediante el material de unión que se muestra en la Tabla 5. El material de unión, la capa núcleo, el material de unión y la capa de superficie se laminaron sobre la capa de superficie, en este orden, y se calentaron a una temperatura en el intervalo de entre 80° C y 180° C, se unieron mediante termocompresión a una fuerza de compresión de 40 kgf/cm² (3,92 MPa) durante 20 a 30 minutos, se enfriaron a una temperatura ordinaria y se sometieron al aire, mediante lo cual se formó una lámina metálica sándwich de cada uno de los ejemplos y de los ejemplos comparativos.

20 [Tabla 5]

Tabla 5

	capa de superficie		capa núcleo		material de unión		estructura de lámina metálica sándwich	
	material	espesor (mm)	material	espesor (mm)	tipo	módulo de cizallamiento (MPa)	E_s/E_f	t_s/t_f
Ejemplo 22	acero calado de Al	0,5	polipropileno	1	adhesivo 1	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$	2
Ejemplo 23	acero calado de Al	0,36	polipropileno	1,28	adhesivo 1	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$	3,5
Ejemplo 24	acero calado de Al	0,32	polipropileno	1,36	adhesivo 1	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$	4,3
Ejemplo 25	acero calado de Al	0,29	polipropileno	1,56	adhesivo 1	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$	5,37931
Ejemplo 26	acero calado de Al	0,32	mallá metálica	1,36	adhesivo 1	300	$5,5 \cdot 10^{-2}$	4,3
Ejemplo 27	acero calado de Al	0,32	polipropileno	1,36	adhesivo 2	135	$3,2 \cdot 10^{-3}$	4,3
Ejemplo 28	acero calado de Al	0,32	polipropileno	1,36	adhesivo 3	30	$3,2 \cdot 10^{-3}$	4,3
Ejemplo 29	acero calado de Al	0,32	mallá metálica	1,36	soldadura fuerte	650	$5,5 \cdot 10^{-2}$	4,3
Ejemplo 30	acero calado de Al	0,32	polietileno espurnado	1,36	adhesivo 1	300	$4,3 \cdot 10^{-4}$	4,3
Ejemplo comparativo 14	acero calado de Al	0,32	polipropileno	0,36	adhesivo 1	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$	1,1
Ejemplo comparativo 15	acero calado de Al	0,58	polipropileno	0,64	adhesivo 1	300	$3,2 \cdot 10^{-3}$	1,1
Ejemplo comparativo 16	acero calado de Al	0,32	lámina de acero laminado en frío	1,36	adhesivo 1	300	1	4,3

En la Tabla 5, el adhesivo 1 es un adhesivo que contiene resina epoxi como material base. El adhesivo 1 se utilizó para la unión en la condición en la cual la cantidad recubierta fue 200 g/m^2 , la temperatura de calentamiento fue 180° C , la fuerza de compresión fue 40 kgf/cm^2 ($3,92 \text{ MPa}$) y el tiempo de unión por compresión fue de 20 minutos. El adhesivo 2 es un adhesivo que contiene resina de uretano como material base. El adhesivo 2 se utilizó para la unión en la condición en la cual la cantidad recubierta fue 200 g/m^2 , la temperatura de calentamiento fue 80° C , la fuerza de compresión fue 40 kgf/cm^2 ($3,92 \text{ MPa}$) y el tiempo de unión por compresión fue de 30 minutos. El adhesivo 3 es un adhesivo en el cual caucho elástico está disperso en el adhesivo 2. El adhesivo 3 se utilizó para la unión en la condición en la cual la cantidad recubierta fue 200 g/m^2 , la temperatura de calentamiento fue 80° C , la fuerza de compresión fue 40 kgf/cm^2 ($3,92 \text{ MPa}$) y el tiempo de unión por compresión fue de 20 minutos. En la soldadura fuerte, se utilizó un material de soldadura fuerte (material de soldadura fuerte de baja temperatura de un metal a base de Sn-Pb, punto de fusión: 183° C) en la cantidad de 15 g/m^2 . Debe observarse que el módulo de cizallamiento del material de unión se midió mediante un ensayo de cizallamiento por tracción de acuerdo con JIS-K6850.

Además, en la Tabla 5, el polipropileno que se utilizó para la capa núcleo tenía una densidad de $0,94 \text{ g/cm}^3$ y la malla metálica que se utilizó para la capa núcleo tenía un diámetro de alambre de $0,6 \text{ mm}$ y una separación entre los alambres de $1,6 \text{ mm}$. Como se describió anteriormente, E_c representa el módulo de Young de la capa núcleo, E_f representa el módulo de Young de la capa de superficie, t_c representa el espesor de la capa núcleo y t_f representa el espesor de la capa de superficie.

(Prueba de evaluación de rendimiento de colisión)

A continuación, se evaluó el rendimiento de colisión de la pieza amortiguadora de energía de impacto que se construyó a partir de la lámina metálica sándwich de cada uno de los ejemplos y los ejemplos comparativos formados como se describió anteriormente. Específicamente, se utilizó la lámina metálica sándwich de cada uno de los ejemplos y los ejemplos comparativos, que tenía la estructura que se muestra en la Tabla 5, y se formó por flexión mediante plegadora, mediante lo cual se formó una pieza amortiguadora de energía de impacto con la forma de tipo sombrero con una longitud de 200 mm como se muestra en la Figura 21. La Figura 21 es un dibujo explicativo que muestra la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto del segundo ejemplo de la presente invención. La vista (A) de la Figura 21 es una vista de sección transversal tomada a lo largo de la sección transversal perpendicular a la dirección de una línea dorsal que es la dirección de amortiguación, y la vista (B) de la Figura 21 es una vista oblicua.

El rendimiento de colisión de la pieza amortiguadora de energía de impacto formada se evaluó mediante la prueba de caída de peso. Específicamente, la pieza amortiguadora de energía de impacto formada se dispuso de modo que la dirección de la línea dorsal fuera la dirección de amortiguación, y un extremo que se encontraba opuesto a un extremo a chocar con el peso se fijó mediante un dispositivo de sujeción. Luego, se hizo que un peso con una masa de 120 kg cayera libremente desde la altura de $3,5 \text{ metros}$ y chocara con el lado de extremo objetivo de colisión de la pieza amortiguadora de energía de impacto a una velocidad de 30 km/h .

La cantidad de amortiguación de la energía de impacto hasta un colapso de 100 mm se calculó a partir de la curva de desplazamiento de carga que se obtuvo a partir de la prueba de caída de peso. Para evaluar la ligereza de la pieza amortiguadora de energía de impacto, se obtuvo la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por masa unitaria al dividir la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por la masa de la pieza.

Asimismo, se calculó una longitud de onda de pandeo promedio a partir de la curva de carga-desplazamiento que se obtuvo a partir de la prueba de caída de peso. Específicamente, se midió un desplazamiento, en el cual la carga estaba a su mínimo, en cada período de fluctuación de carga, y se calculó una longitud de onda de pandeo por período al restar el siguiente desplazamiento, en el cual la carga estaba al siguiente mínimo, a partir del desplazamiento precedente, en el cual la carga estaba en el precedente mínimo. Se calculó la longitud de onda de pandeo en cada período del mismo modo descrito anteriormente y las longitudes de onda de pandeo calculadas se promediaron aritméticamente, mediante lo cual se calculó una longitud de onda de pandeo promedio. Los resultados de la evaluación de la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por masa unitaria y la longitud de onda de pandeo promedio, que se calcularon como se describió anteriormente, se muestran en la Tabla 6.

Debe observarse que, en la Tabla 6, la marca "excelente" en la columna de forma de pandeo representa una ocurrencia estable de la deformación por colapso en la forma de fuelle, y la marca "regular" representa la generación de una parte, en la cual la longitud de onda de pandeo fue considerable, en la deformación por colapso que ocurre en la totalidad de la pieza. Además, la marca "deficiente" representa la ocurrencia de deformación, en la cual la totalidad de la pieza se dobló en forma de V horizontal a partir de una parte que se deformó en primer lugar en una etapa inicial de la deformación.

[Tabla 6]

Tabla 6

	espesor total (mm)	amortiguación de la energía de impacto por peso unitario (J/g)	longitud de onda de pandeo promedio (mm)	forma de pandeo
Ejemplo 22	2	6,3	15,6	excelente
Ejemplo 23	2	7,0	9,3	excelente
Ejemplo 24	2	7,7	7,1	excelente
Ejemplo 25	2,14	7,9	6,9	regular
Ejemplo 26	2	10,4	8,3	excelente
Ejemplo 27	2	7,4	7,0	excelente
Ejemplo 28	2	7,2	6,8	excelente
Ejemplo 29	2	9,2	10,3	excelente
Ejemplo 30	2	7,0	6,6	excelente
Ejemplo comparativo 14	1	4,3	25,2	regular
Ejemplo comparativo 15	1,8	4,6	23,6	excelente
Ejemplo comparativo 16	2	3,2	46,2	deficiente

5 Con referencia a la Tabla 6, la pieza amortiguadora de energía de impacto de cada uno de los ejemplos 22 a 30 de la presente invención tuvo una longitud de onda de pandeo promedio más corta y una mayor cantidad de amortiguación de la energía de impacto por masa unitaria en comparación con la pieza amortiguadora de energía de impacto de cada uno de los ejemplos comparativos 14 a 16. Específicamente, en cada uno de los ejemplos comparativos 14 y 15, dado que el valor de t_c/t_f fue menor que 2,0, se aumentó la longitud de onda de pandeo promedio, por lo cual se disminuyó la cantidad de amortiguación de la energía de impacto. En el ejemplo comparativo 16, si bien el valor de t_c/t_f se encontraba dentro del intervalo especificado en la presente invención, dado que el módulo de Young de la capa núcleo y el módulo de Young de la capa de superficie eran iguales, el comportamiento de pandeo de una pieza amortiguadora de energía de impacto construida a partir de un único material. Por lo tanto, la longitud de onda de pandeo promedio aumentó, mediante lo cual se disminuyó la cantidad de amortiguación de la energía de impacto.

20 En cada uno de los ejemplos 23, 24 y 26 a 30, dado que el valor de t_c/t_f se encontraba dentro del intervalo preferible especificado en una realización de la presente invención, se disminuyó adicionalmente la longitud de onda de pandeo promedio, mediante lo cual se aumentó adicionalmente la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por masa unitaria. Por otro lado, en el ejemplo 22, dado que el valor de t_c/t_f fue menor que 3,5, la longitud de onda de pandeo promedio fue más larga que la longitud de onda de pandeo promedio de cada uno de los ejemplos 23, 24 y 26 a 30. Además, en el ejemplo 25, dado que el valor de t_c/t_f fue mayor que 5,0, la columna de forma de pandeo se marcó con "regular".

30 En cada uno de los ejemplos 22 a 28 y 30, dado que el módulo de cizallamiento de la capa de unión se encontraba dentro del intervalo preferible especificado en una realización de la presente invención, se disminuyó adicionalmente la longitud de onda de pandeo promedio. Por otro lado, en el ejemplo 29, dado que el módulo de cizallamiento de la capa de unión fue mayor que 500 MPa, la longitud de onda de pandeo promedio fue considerable, y se disminuyó la cantidad de amortiguación de la energía de impacto, en comparación con el ejemplo 26, que se formó en las mismas condiciones que en el ejemplo 29 con excepción de la capa de unión.

40 En cada uno de los ejemplos 22 a 29, dado que la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa núcleo y la capa de superficie se encontraba dentro del intervalo preferible especificado en una realización de la presente invención, se aumentó adicionalmente la cantidad de amortiguación de la energía de impacto por masa unitaria. Por otro lado, en el ejemplo 30, dado que la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa núcleo y la capa de superficie fue menor que 1×10^{-3} , se disminuyó la cantidad de

amortiguación de la energía de impacto, en comparación con el ejemplo 26, que se formó en las mismas condiciones que en el ejemplo 30 con excepción de la relación E_c/E_f .

Asimismo, con respecto a las láminas metálicas sándwich del ejemplo 24 y los ejemplos comparativos 14 y 15, se evaluó el cambio de la longitud de onda de pandeo promedio con respecto a la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo mediante el cambio de la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo por simulación. En la simulación, el valor inherente de pandeo se analizó mediante el uso de "Marc", que es un programa de análisis no lineal. Los resultados de esta evaluación se muestran en la Figura 22. La Figura 22 es un gráfico que muestra la longitud de onda de pandeo promedio con respecto al valor de E_c/E_f en la pieza amortiguadora de energía de impacto de cada uno del ejemplo 24 y los ejemplos comparativos 14 y 15. En la Figura 22, el eje vertical muestra una longitud de onda de pandeo promedio y el eje horizontal muestra un valor de logaritmo común de E_c/E_f .

Como se muestra en la Figura 22, en el ejemplo 24 (espesor total: 2,0 mm, $t_c/t_f = 4,3$), la longitud de onda de pandeo promedio fue corta en cada relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo en comparación con el ejemplo comparativo 14 (espesor total: 1,0 mm, $t_c/t_f = 1,1$) y el ejemplo comparativo 15 (espesor total: 1,8 mm, $t_c/t_f = 1,1$). Es decir, en el ejemplo 24, dado que el valor de t_c/t_f se encontraba dentro del intervalo especificado en una realización de la presente invención, la longitud de onda de pandeo promedio fue más corta que la longitud de onda de pandeo promedio de cada uno de los ejemplos comparativos 14 y 15 independientemente de la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo.

El ejemplo 24 y el ejemplo comparativo 15 tuvieron una rigidez flexural de $9,6 \times 10^4$ N·cm² y el ejemplo comparativo 14 tuvo una rigidez flexural de $1,7 \times 10^4$ N·cm². Es decir, en el ejemplo 24, se disminuyó la longitud de onda de pandeo promedio sin disminuir la resistencia (específicamente, rigidez flexural) de la lámina metálica sándwich en comparación con el ejemplo comparativo 15.

Además, con referencia a la Figura 22, en el ejemplo 24, se disminuyó adicionalmente la longitud de onda de pandeo promedio cuando la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo se encontraba dentro del intervalo no menor que 1×10^{-3} y no mayor que 1×10^{-1} , en comparación con los ejemplos comparativos 14 y 15. Específicamente, no es preferible que la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo sea mayor que 1×10^{-1} porque la cantidad de disminución de la longitud de onda de pandeo promedio es poca. Por otro lado, no es preferible que la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo sea menor que 1×10^{-3} porque la carga promedio W en la deformación de pandeo se disminuye debido a la disminución del valor de E_c y se disminuye la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto.

(Prueba de evaluación de rendimiento de colisión con respecto a la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto)

A continuación, se evaluó el cambio de la longitud de onda de pandeo promedio con respecto a la relación E_c/E_f del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo en un miembro con una forma de tipo sombrero, en la cual una distancia L entre las líneas dorsales fue 50 mm, 65 mm o 80 mm, mediante simulación con el uso de "Marc" de la misma manera que se describió anteriormente. Los resultados de esta evaluación se muestran en la Figura 23. La Figura 23 es un gráfico que muestra la longitud de onda de pandeo promedio correspondiente a la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto. En la Figura 23, el eje vertical muestra una longitud de onda de pandeo promedio y el eje horizontal muestra un valor de logaritmo común de E_c/E_f .

Con referencia a la Figura 23, cuando la distancia L entre las líneas dorsales de la pieza amortiguadora de energía de impacto fue no menor que 50 mm y no mayor que 80 mm, y la relación E_c/E_f del módulo de Young se encontraba dentro del intervalo no menor que 1×10^{-3} y no mayor que 1×10^{-1} , que es preferible en una realización de la presente invención, se disminuyó la longitud de onda de pandeo promedio de manera más significativa. Por otro lado, no es preferible que la distancia L entre las líneas dorsales sea mayor que 80 mm porque se aumenta la longitud de onda de pandeo, y es difícil que la deformación por colapso en la forma de fuelle en la dirección axial ocurra de manera estable. Además, no es preferible que la distancia L entre las líneas dorsales sea menor que 50 mm porque la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto es complicada, por lo que se restringe la forma.

Según los resultados descritos anteriormente, en la pieza amortiguadora de energía de impacto de una realización de la presente invención, al construir la pieza amortiguadora de energía de impacto al utilizar la siguiente lámina metálica sándwich, se hace corta la longitud de onda de pandeo, y se mejora la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto. Es decir, en la lámina metálica sándwich, se lamina una capa de superficie, que se forma a partir de una lámina metálica con un módulo de Young mayor que el módulo de Young de una capa núcleo, en cada superficie de la capa núcleo y se unen entre sí, y la relación de espesor t_c/t_f del espesor t_f de la capa de superficie y el espesor t_c de la capa

núcleo se configura a no menos de 2,0 y no más de 7,0.

5 Además, según la pieza amortiguadora de energía de impacto de una realización de la presente invención, se puede hacer corta la longitud de onda de pandeo sin formar la pieza amortiguadora de energía de impacto en una forma complicada y, por lo tanto, se puede simplificar adicionalmente la forma de la pieza amortiguadora de energía de impacto. Asimismo, en la pieza amortiguadora de energía de impacto de una realización de la presente invención, dado que no es necesario disminuir de manera adicional la relación del módulo de Young de la capa de superficie y la capa núcleo de la lámina metálica sándwich para disminuir adicionalmente la longitud de onda de pandeo, se puede mejorar la eficiencia de amortiguación de la energía de impacto sin disminuir la resistencia de la pieza amortiguadora de energía de impacto.

15 Además, la pieza amortiguadora de energía de impacto de una realización de la presente invención se construye a partir de la lámina metálica sándwich, en la cual el módulo de Young es pequeño y la relación de la capa núcleo con una densidad relativamente pequeña es grande, y por lo tanto se reduce adicionalmente el peso en comparación con una pieza amortiguadora de energía de impacto convencional. Por consiguiente, el peso de la pieza amortiguadora de energía de impacto de una realización de la presente invención puede reducirse adicionalmente.

20 Las realizaciones preferidas de la presente descripción se han descrito anteriormente con referencia a los dibujos adjuntos, mientras que la presente descripción no se limita a los ejemplos anteriores. Un experto en la técnica puede encontrar diversas alteraciones y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y debe comprenderse que se encontrarán naturalmente dentro del alcance técnico de la presente descripción.

25 **Aplicación industrial**

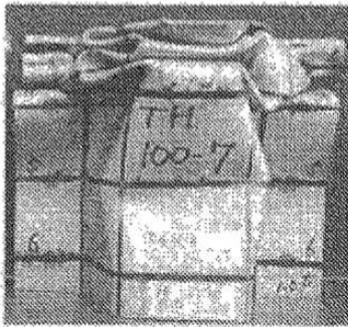
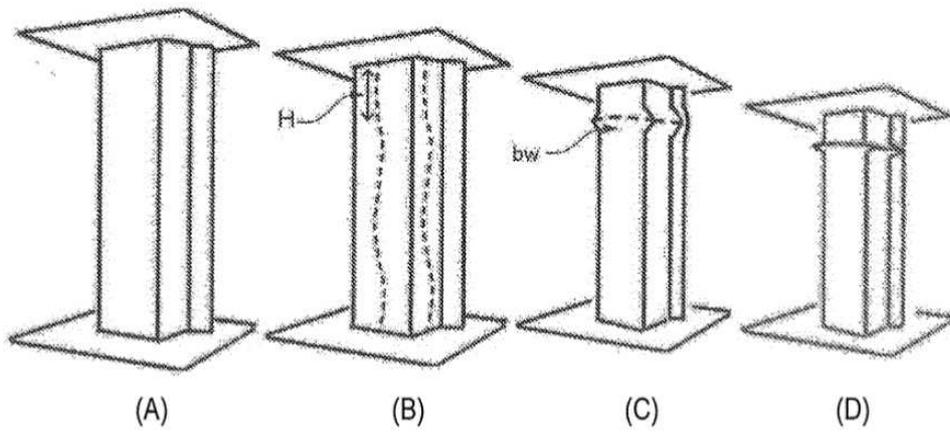
La presente invención puede utilizarse de manera adecuada como una pieza amortiguadora de energía de impacto no solo para automóviles comunes, sino también para vehículos de transporte, como cada tipo de automóvil, desde automóviles livianos a automóviles pesados, como camiones y autobuses, trenes, etc.

30

REIVINDICACIONES

1. Una pieza amortiguadora de energía de impacto configurada para amortiguar la energía de impacto cuando una carga de impacto se aplica a una de las partes de extremo en una dirección de amortiguación de la pieza amortiguadora de energía de impacto,
- la pieza amortiguadora de energía de impacto se construye al formar una lámina metálica sándwich (1) que incluya capas de superficie (3A, 3B), una capa núcleo (5) y capas de unión (7A, 7B) entre la capa de superficie y la capa núcleo, en las cuales cada capa de superficie (3A, 3B) está formada a partir de una lámina metálica y las capas de superficie (3A, 3B) están laminadas en cada superficie de la capa núcleo (5) por las capas de unión (7A, 7B),
- en donde la forma de cualquier sección transversal que sea perpendicular a la dirección de amortiguación tiene una parte curva, el radio de curvatura mínimo del cual es no menor que 7,0 mm, a no menos de 30,0 % de una longitud circunferencial de la sección transversal,
- en donde la forma de la sección transversal tiene una estructura cerrada o tiene una abertura a menos del 15,0 % de la longitud circunferencial de la sección transversal, y
- en donde una capa central formada por la capa núcleo (5) y las capas de unión (7A, 7B) tiene una tasa de deformación no menor que 7,0 % y no mayor que 75,0 %, en donde la tasa de deformación se define por $100 \times (D_{cal} - D_{exp})/D_{cal}$, en donde $D_{cal} = Eb(H^3 - h^3)/12$ es la rigidez calculada de la lámina metálica sándwich (1), $D_{exp} = (P_{exp}/\delta_{exp}) \times (L^3/48)$ es la rigidez flexural medida de la lámina metálica sándwich (1), (P_{exp}/δ_{exp}) es una inclinación en una región de deformación elástica calculada a partir de una curva carga-desplazamiento obtenida a partir de un ensayo de flexión en tres puntos de acuerdo con ASTM D790 y L es la distancia entre fulcros, E es el módulo de Young de la capa de superficie (3A, 3B), b es el ancho de la lámina metálica sándwich (1), H es el espesor de la lámina metálica sándwich (1) y h es el espesor de la capa núcleo (5).
2. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde cada capa de superficie está formada a partir de una lámina metálica que tiene un módulo de Young mayor que el módulo de Young de la capa núcleo, y
- en donde una relación de espesor t_c/t_f del espesor t_f de cada capa de superficie y el espesor t_c de la capa núcleo no es menor que 2,0 ni mayor que 7,0.
3. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde cada capa de superficie está formada a partir de una lámina metálica que tiene un módulo de Young mayor que el módulo de Young de la capa núcleo, y
- en donde una relación de espesor t_c/t_f del espesor t_f de cada capa de superficie y el espesor t_c de la capa núcleo no es menor que 3,5 ni mayor que 5,0.
4. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde una relación E_c/E_f del módulo de Young E_f de cada capa de superficie y el módulo de Young E_c de la capa núcleo es no menor que 1×10^{-3} y no mayor que 1×10^{-1} .
5. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde la tasa de deformación de la capa central no es menor que 7,0 % ni mayor que 50,0 %.
6. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1, que comprende 4 o más partes ahuecadas en una sección transversal perpendicular a la dirección de amortiguación, cada parte ahuecada formada a partir de una parte curva formada por una curva que tiene un radio de curvatura no menor que 7,0 mm ni mayor que 15 mm y que está ahuecada hacia adentro, hacia el centro de la sección transversal.
7. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde la capa de superficie tiene una tensión de fluencia no menor que 100 MPa ni mayor que 1000 MPa.
8. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde una relación ρ_c/ρ_f de una densidad ρ_c de la capa núcleo y una densidad ρ_f de cada capa de superficie no es menor que 1/300 ni mayor que 1/2.
9. La pieza amortiguadora de energía de impacto según la reivindicación 1,
- en donde la capa de unión tiene un módulo de cizallamiento no menor que 50 MPa ni mayor que 500 MPa.

FIGURA 1



(E)

FIGURA 2

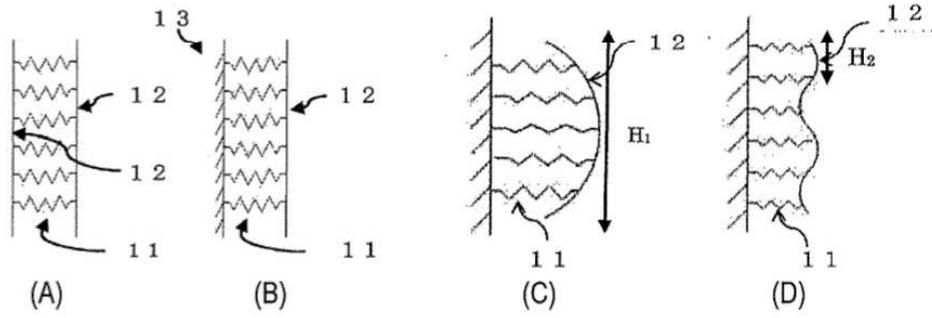


FIGURA 3

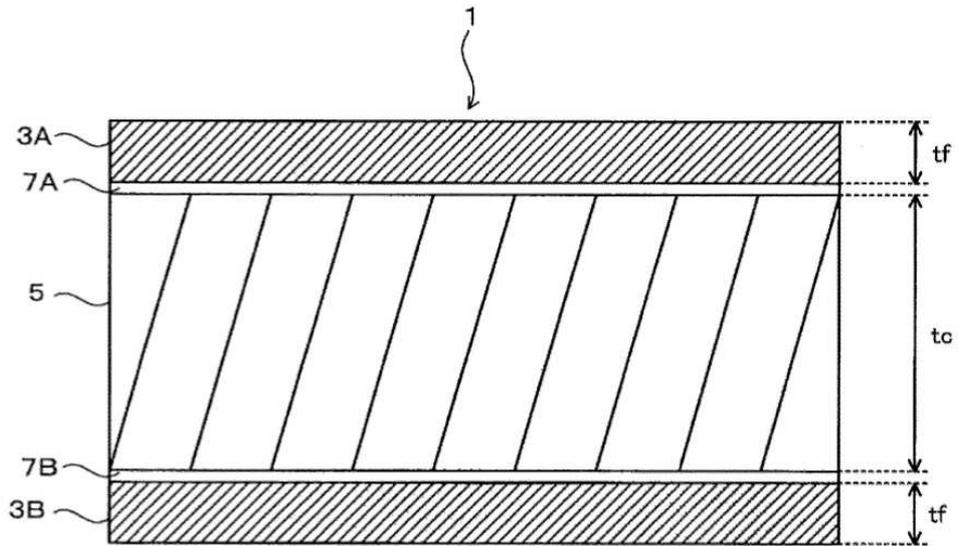


FIGURA 4

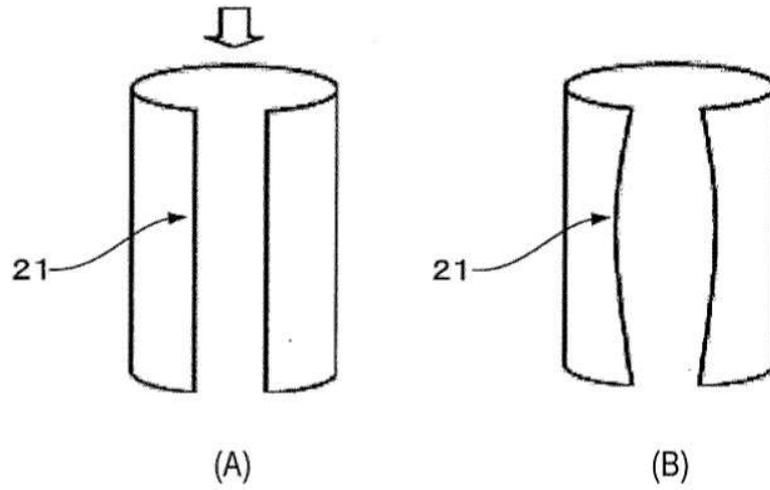


FIGURA 5

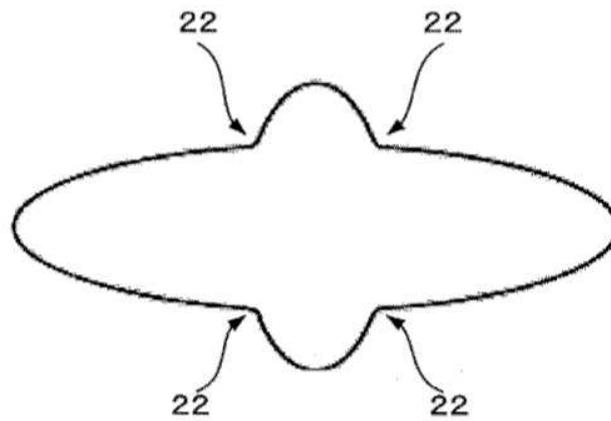


FIGURA 6

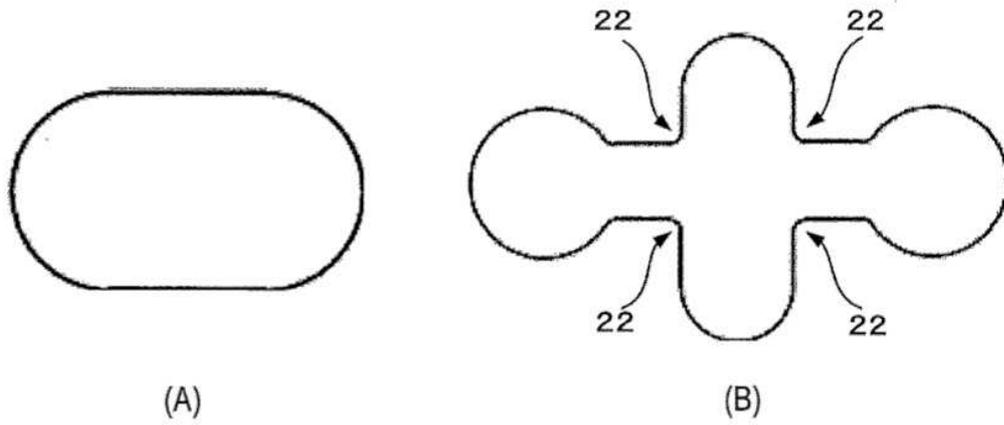


FIGURA 7

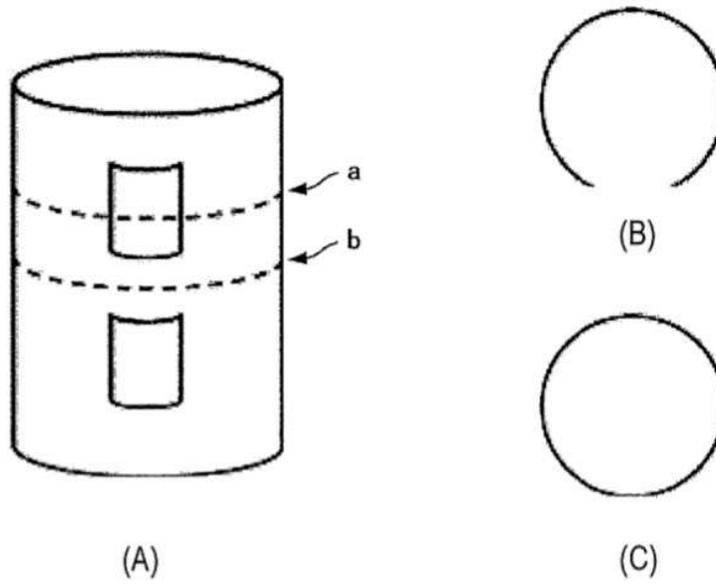


FIGURA 8

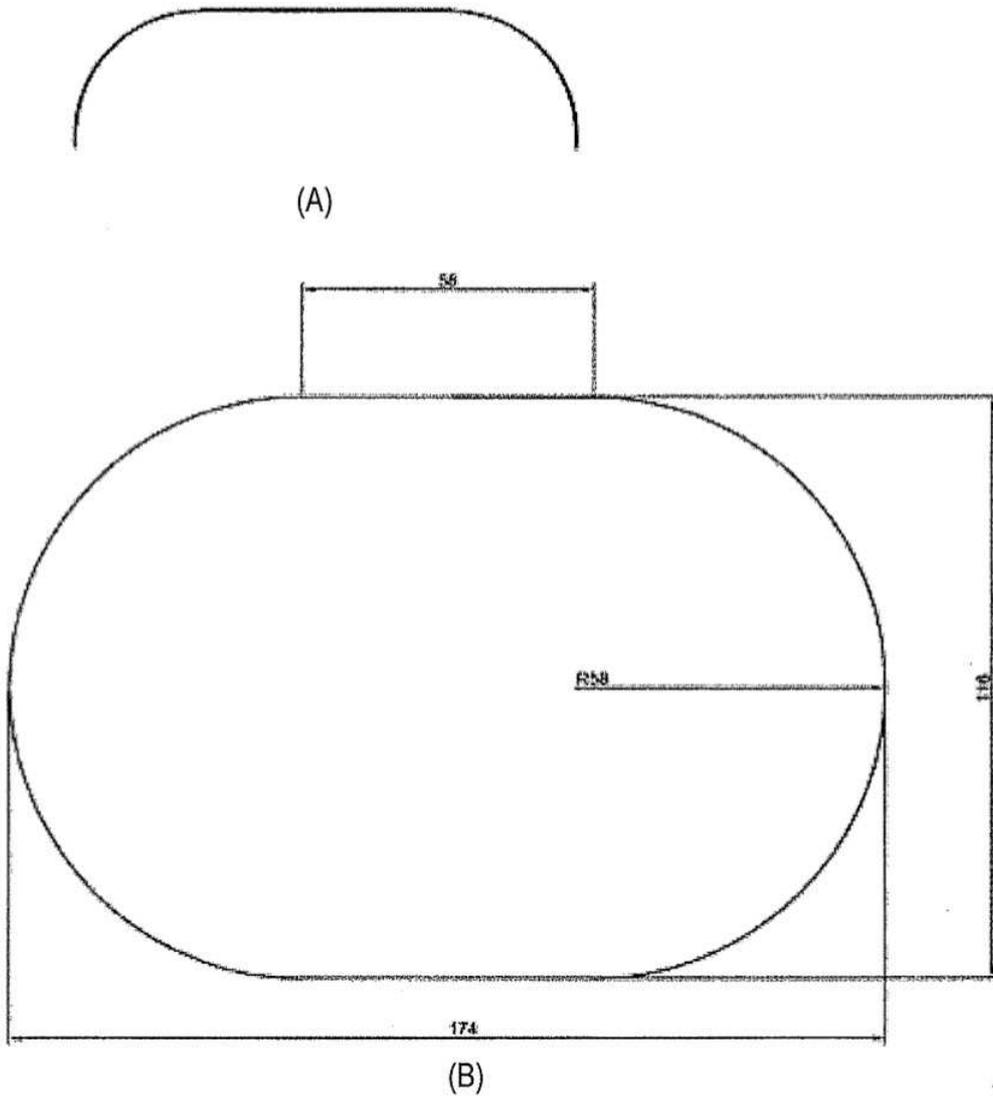


FIGURA 9

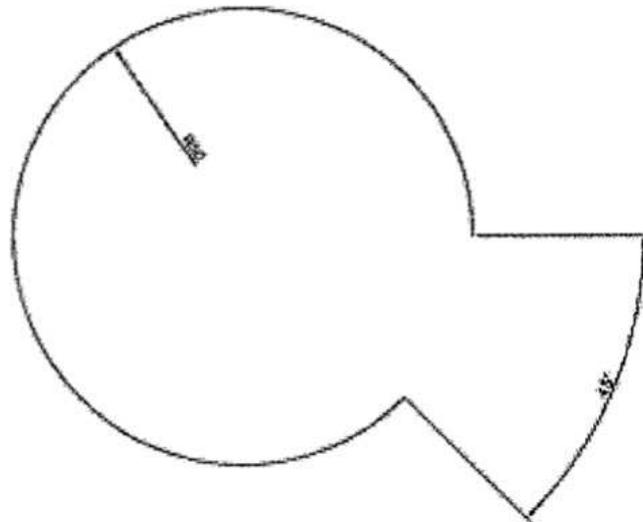
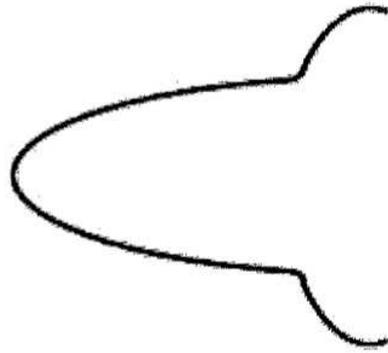
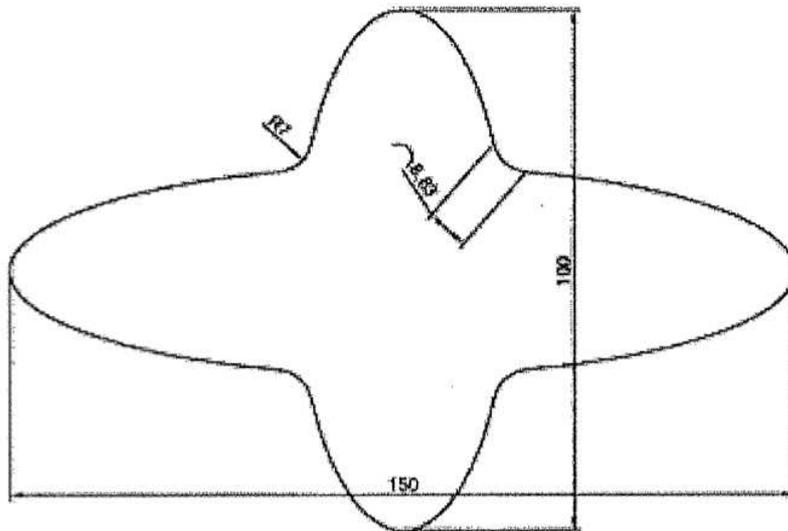


FIGURA 10



(A)



(B)

FIGURA 11

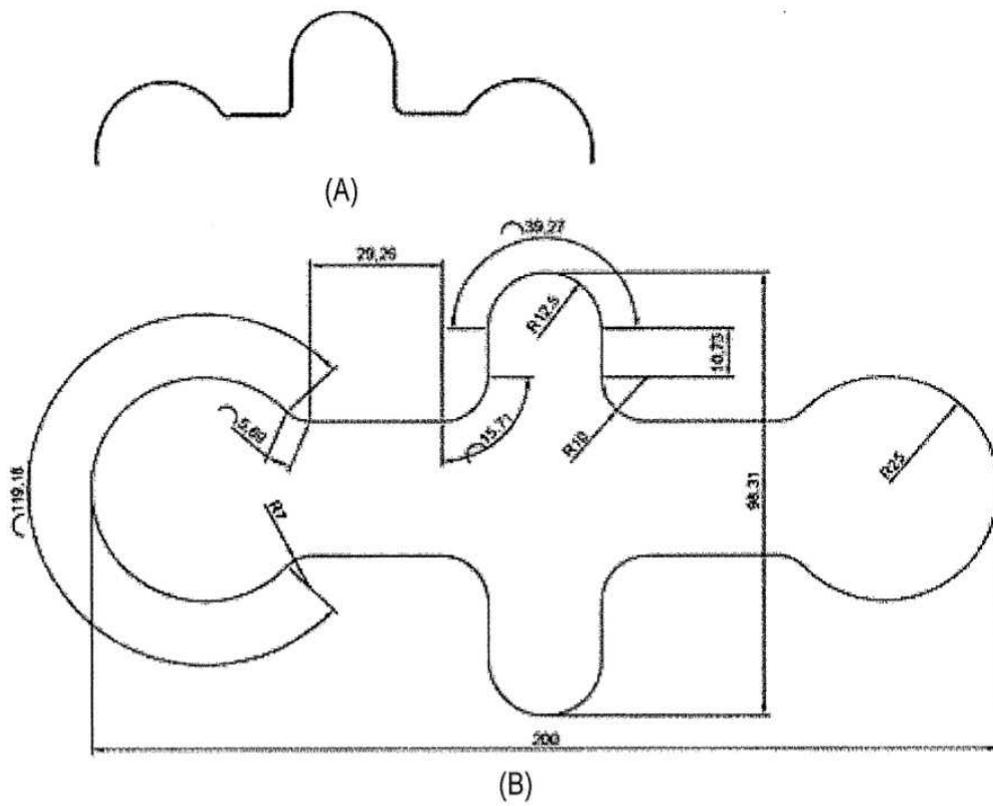


FIGURA 12

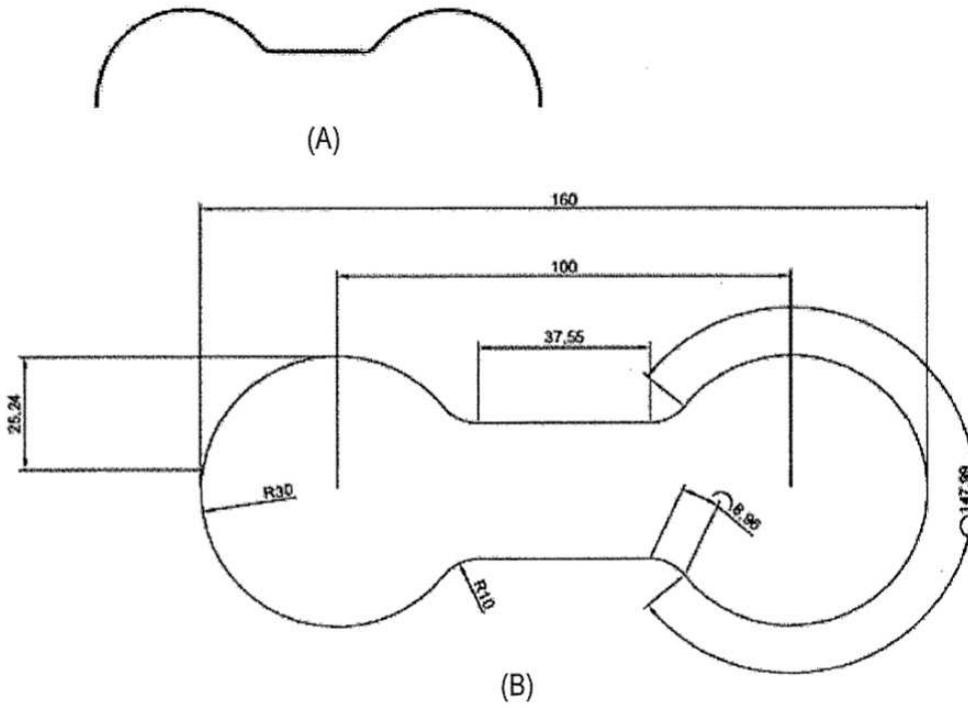


FIGURA 13

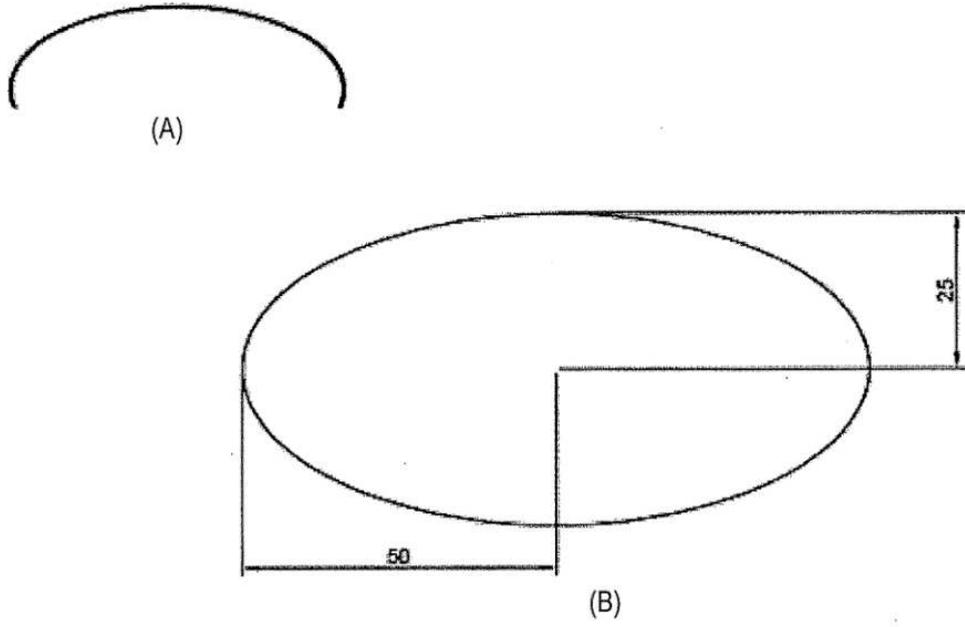


FIGURA 14

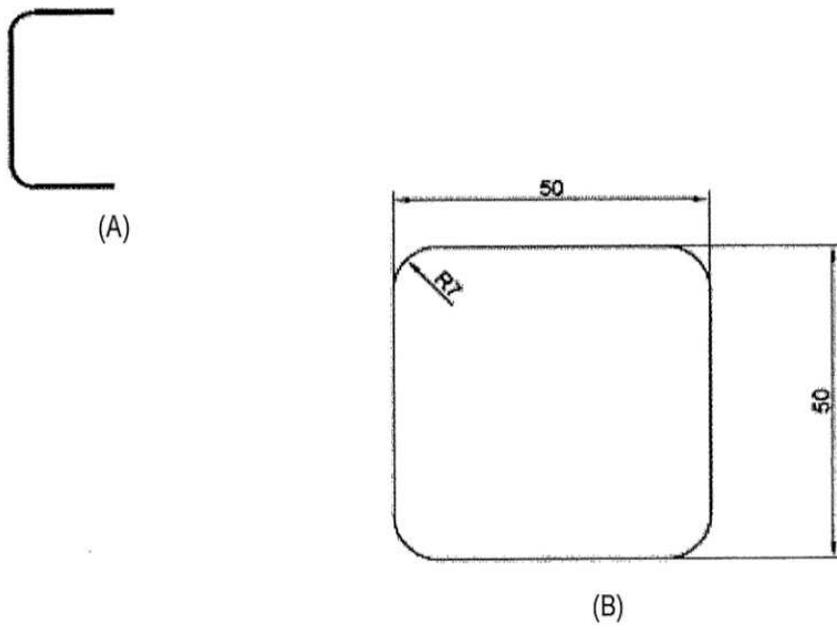


FIGURA 15

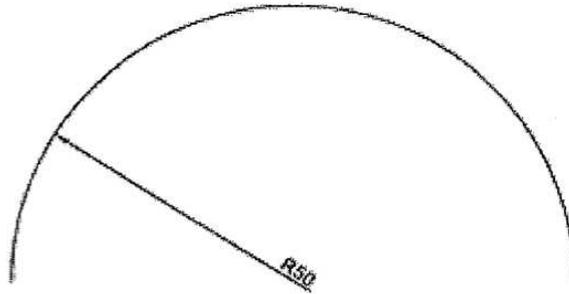


FIGURA 16

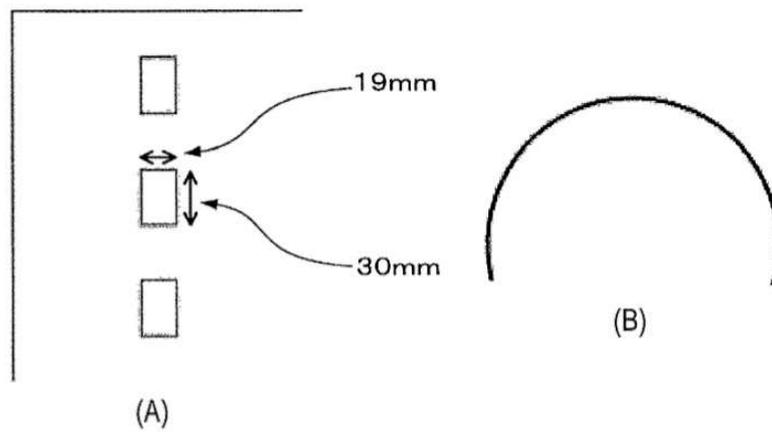


FIGURA 17

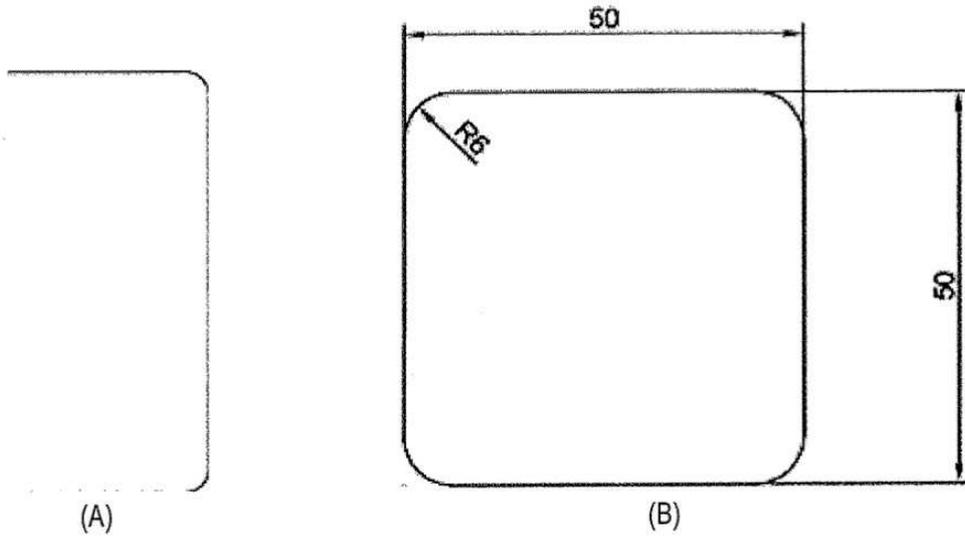


FIGURA 18

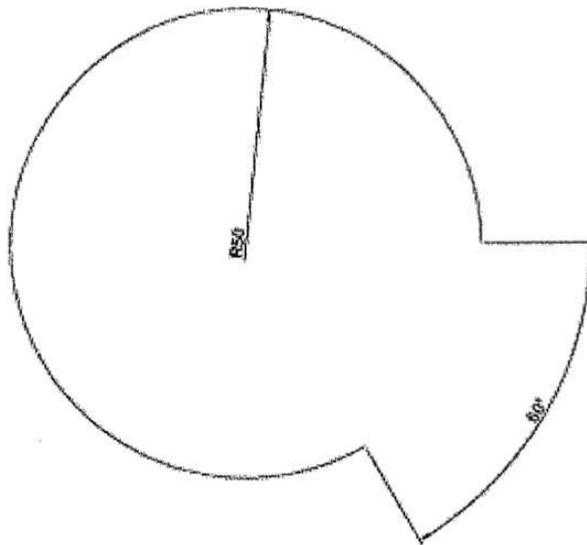


FIGURA 19

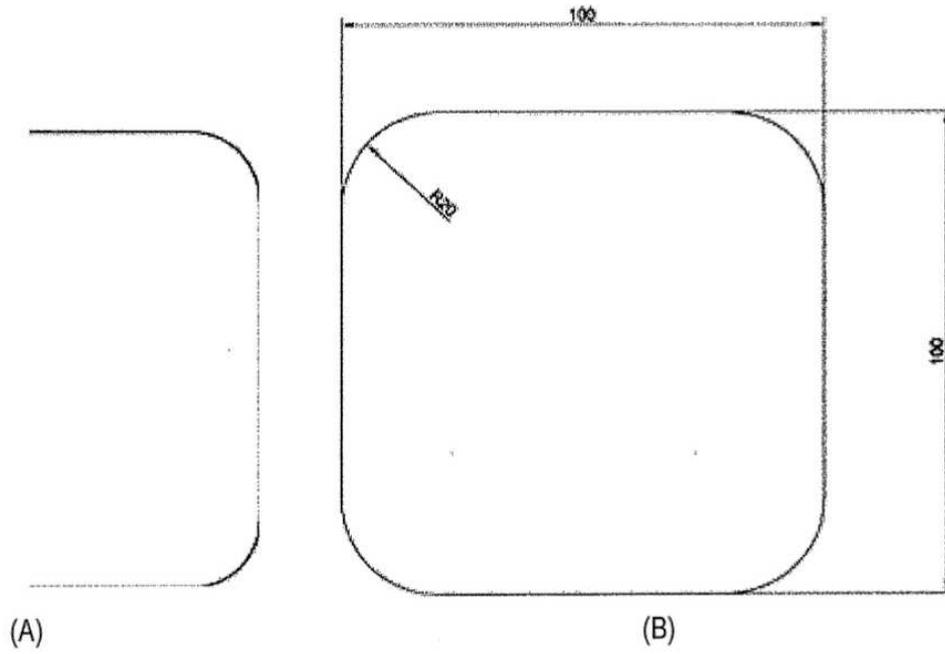


FIGURA 20

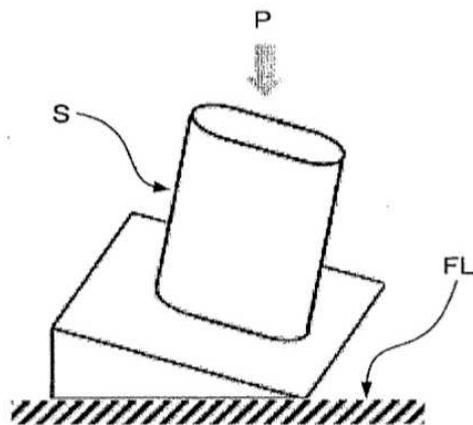


FIGURA 21

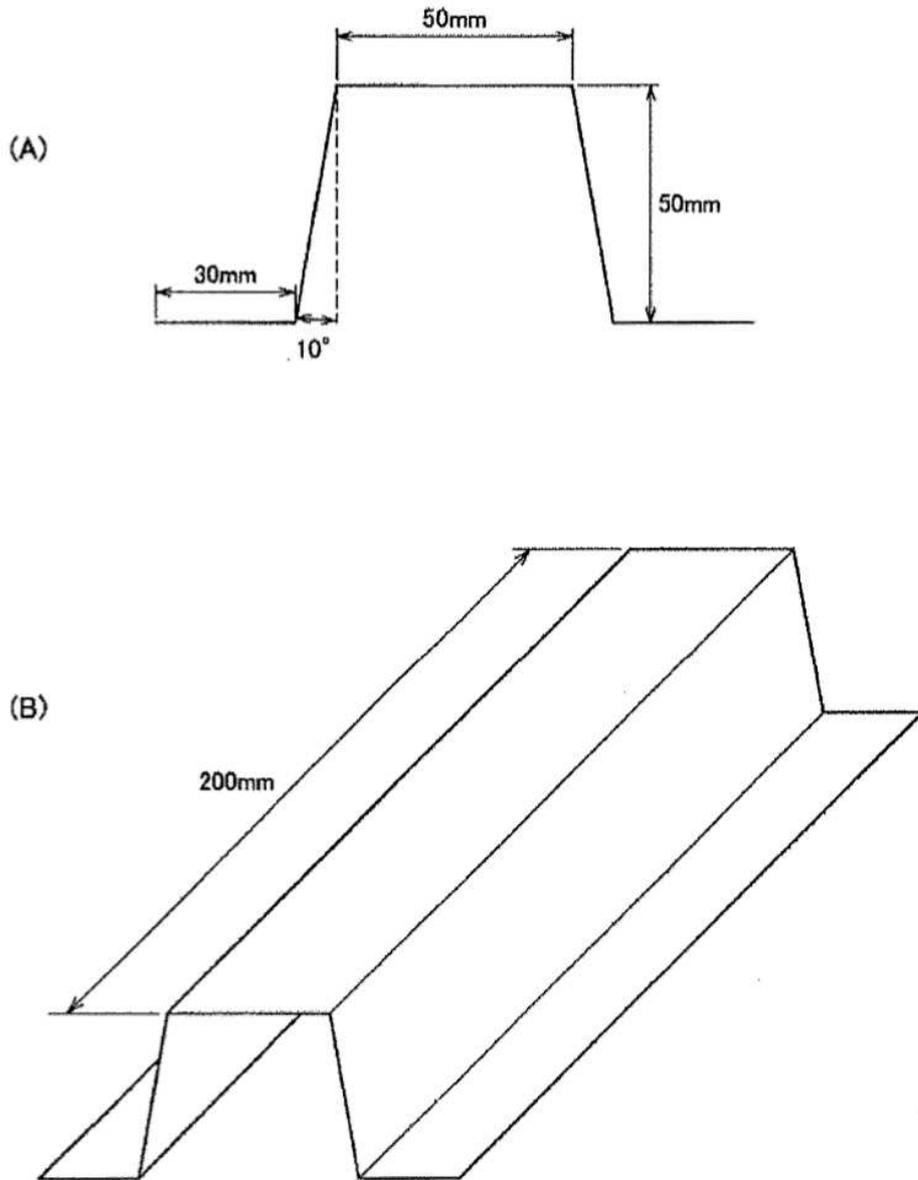


FIGURA 22

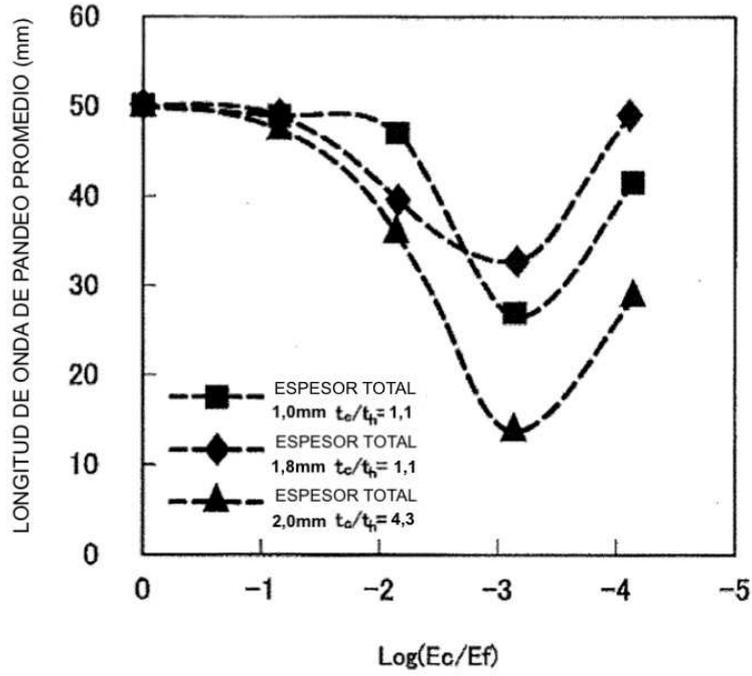


FIGURA 23

