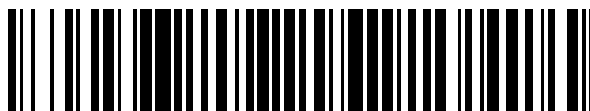


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 228**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/32** (2014.01)

**B23K 26/28** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.08.2012 E 12180617 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2698224**

54 Título: **Método para la producción de una unión entre una estructura metálica y una estructura de plástico de material compuesto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.07.2017**

73 Titular/es:

**HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT  
ZENTRUM FÜR MATERIAL- UND  
KÜSTENFORSCHUNG GMBH (100.0%)  
Max-Planck-Strasse 1  
21502 Geesthacht, DE**

72 Inventor/es:

**KOLOSSA, SPYRIDOULA;  
SCHNUBEL, DIRK;  
RIEKEHR, STEFAN;  
VENTZKE, VOLKER;  
DINSE, RENE y  
KASHAEV, NIKOLAI**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 623 228 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Método para la producción de una unión entre una estructura metálica y una estructura de plástico de material compuesto

Antecedentes de la invención

5 La presente invención hace referencia a un método para la producción de una unión entre una estructura metálica y una estructura de plástico de material compuesto (composite), y a un ensamblaje que comprende una estructura metálica y una estructura de plástico de material compuesto que están unidas entre sí mediante soldadura por láser.

10 En ingeniería automotriz y en otras industrias, la necesidad de una construcción ligera y rentable en cuanto al coste está conduciendo al desarrollo de componentes híbridos en los que se combinan dos o más materiales diferentes. Los materiales compuestos de plástico reforzado con fibras (FRP, por sus siglas en inglés) son superiores a los metales en términos de resistencia y rigidez específicas, resistencia a la corrosión, y formabilidad. Los materiales compuestos, por lo tanto, se utilizan para estructuras primarias de embarcaciones y estructuras aeroespaciales pequeñas o de tamaño medio. Sin embargo, los metales son aún materiales importantes especialmente para estructuras de gran tamaño. Por lo tanto, las embarcaciones de gran tamaño están realizadas, habitualmente, con estructuras híbridas que se componen de materiales compuestos y metales. Debido a que las estructuras híbridas de materiales compuestos/metales son la tecnología clave a la hora de producir una elevada rigidez, un peso ligero, y una elevada fiabilidad, se ven en la actualidad en muchas estructuras: ejes de transmisión de automóviles, cabezales de rectificadoras, y estructuras robóticas.

20 Existen dos métodos principales para la unión de materiales diferentes: la sujeción mecánica y la unión adhesiva. La sujeción mecánica que utiliza pernos o remaches, es sencilla y es posible obtener una elevada fuerza de unión con una baja dispersión. Este método se utiliza ampliamente, por lo tanto, en estructuras metálicas. Las desventajas de las uniones mecánicas son un incremento en el peso de toda la estructura y un bajo rendimiento del sellado. Además, la presencia de orificios para los pernos de las uniones mecánicas disminuye el área transversal de las estructuras, y aumenta la concentración de esfuerzos. En especial en el caso de estructuras FRP, estructuras híbridas plásticas-metálicas, el proceso de perforación para fabricar los orificios de los pernos rompe las fibras de refuerzo, y causa descamación de las capas superiores a la entrada del orificio, torsión de la fibra y degradación de la resina en la pared del orificio, y la delaminación de las últimas capas en el laminado. Debido a que estos daños pueden iniciar fisuras por fatiga, la sujeción mecánica en las estructuras FRP disminuye seriamente la resistencia a la fatiga. Por estas razones, ha de utilizarse un número más elevado de uniones unidas con pernos para unir una estructura FRP y una lámina de metal en aplicaciones que requieren uniones duraderas, tales como las de la industria aeronáutica. Una unión híbrida fijada con pernos y co-curada, entre plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP) y aluminio, se describe en Matsuzaki et al., Composites: Part A 39 (2008), páginas 154-163.

35 Al utilizar una unión adhesiva, el peso de una estructura es menor que si se utilizan uniones mecánicas. La unión adhesiva tiene un efecto del sellado, no presenta concentración de esfuerzos debido a los orificios de los pernos, y no se producen daños en la FRP originados por el proceso de adhesión. Estas ventajas permiten que las uniones adhesivas tengan una elevada resistencia a la fatiga. En las uniones adhesivas, sin embargo, cada superficie de adherencia tiene su propio adhesivo adecuado. La selección del adhesivo es difícil para las uniones de diferentes materiales. Además, son necesarios el desengrasado y decapado para obtener una elevada fuerza de unión durante el proceso de adhesión general de las superficies de adherencia metálicas. Aunque el tratamiento químico genera una elevada fuerza de adhesión, la superficie adhesiva se oxidaría y se contaminaría tras unas pocas horas. La degradación de la superficie adhesiva disminuye sumamente la fuerza de la adhesión. Por estas razones, obtener una elevada fuerza de la unión con una baja difusión resulta difícil para las uniones adhesivas.

Por lo tanto, existe una necesidad constante de métodos mejorados para unir estructuras de metal y de plásticos de materiales compuestos.

45 Por ejemplo, la WO 2008/110835 revela una unión híbrida que incorpora pasadores de pequeño diámetro que se ajustan en un pre-impregnado plástico. La DE 10 2008 031 121 A1 revela una conexión con remache soldado, de uno o más componentes que comprende un componente base, en donde el componente o componentes presenta un orificio a través del cual se extiende el eje del remache soldado que comprende un cabezal, en donde una superficie extrema del eje está soldada a la superficie del componente base y es plásticamente deformable.

50 Es objeto de la presente invención proporcionar un método para la producción de una unión de poco peso entre una estructura metálica y una estructura de plástico de material compuesto que muestre propiedades de fatiga mejoradas, y que sean fáciles de reparar, cuando se producen daños en las partes metálicas. Es otro objeto de la invención proporcionar un ensamblaje que comprenda una unión de poco peso entre una estructura metálica y una estructura de plástico de material compuesto que muestre propiedades de fatiga mejoradas.

## Resumen de la invención

El objeto mencionado anteriormente se logra mediante un método para la producción de una unión entre una estructura de plástico de material compuesto y una estructura metálica, en donde (i) al menos parte de la estructura de plástico de material compuesto se superpone con al menos parte de la estructura metálica, (ii) un remache metálico cilíndrico, que presenta una sección de eje cilíndrica y una sección de cabeza, donde la sección de cabeza presenta un diámetro mayor que la sección de eje cilíndrica, sobresale a través de una perforación o taladro en dicha estructura de plástico de material compuesto y dicha estructura de metal, conectando ambas de tal manera que la sección de cabeza del remache metálico está de cara a la superficie libre de dicha estructura de plástico de material compuesto y de forma que al menos parte de la sección de eje del remache metálico entra en contacto con la estructura metálica, y posteriormente, (ii) la parte de dicho remache metálico que entra en contacto con dicha estructura metálica se suelda a dicha estructura metálica mediante soldadura con láser en la interfaz de dicho remache metálico y dicha estructura metálica. Preferiblemente, una parte de la parte de cabeza del remache metálico cilíndrico forma una sección anular que proporciona una superficie de soporte para asegurar la estructura de plástico de material compuesto contra la estructura metálica. De forma alternativa, la estructura de plástico de material compuesto puede estar colocada en una disposición de tipo sándwich entre dos estructuras metálicas, por lo que el remache metálico se suelda a ambas estructuras metálicas. De esta manera, la estructura de plástico de material compuesto se asegura a ambas estructuras metálicas.

Generalmente, la estructura metálica es de cualquier metal o aleación de metal que presente buena soldabilidad al metal o a la aleación que se utiliza para el remache metálico. Según un aspecto preferido de la invención, la estructura metálica es de titanio (Ti), aluminio (Al), magnesio (Mg) o una aleación de los metales mencionados anteriormente. Una aleación de los metales anteriormente mencionados es preferiblemente una aleación en la que cualquiera de estos metales está presente en una cantidad de no menos del 50% en peso, preferiblemente no menos del 75% en peso.

Preferiblemente, la estructura metálica se encuentra en forma de una lámina de metal. El grosor habitual de la lámina de metal para aplicaciones en la industria aeroespacial es de 1 mm a 5 mm, preferiblemente de 2 mm a 3 mm. Para otras aplicaciones en la industria aeroespacial, automovilística o naval el grosor de la lámina puede variar entre 1 mm a 1 cm, preferiblemente de 2 mm a 5 mm, y de mayor preferencia de 2 mm a 3 mm, por ejemplo 2,5 mm.

Para una mejor adherencia a la lámina de plástico de material compuesto, la lámina de metal puede estar estructurada en la superficie que se encuentra de cara a la lámina de plástico de material compuesto. Las estructuras pueden ser de cualquier diseño que cause fricción y/o que ancle la estructura metálica a la estructura de plástico de material compuesto una vez endurecida. La configuración de la superficie estructurada de la lámina metálica puede encontrarse en forma de estructuras piramidales, hemisféricas, o de tipo seta, como las descritas en la memoria EP 2 648 436 A1, que se incorpora a la presente patente a modo de referencia. De acuerdo con otro aspecto preferido de la invención, el plástico compuesto (composite) es un material compuesto de plástico reforzado con fibras (FRP), preferiblemente de un plástico reforzado con fibras de carbono (CFRP) o de un plástico reforzado con fibras de vidrio (GFRP). De acuerdo a un aspecto preferido de la invención, la estructura de plástico de material compuesto se encuentra en forma de una lámina de plástico de material compuesto. Un grosor habitual es de 1 mm a 1 cm, preferiblemente de 2 mm a 5 mm, y de mayor preferencia de 2 mm a 3 mm, por ejemplo 2,5 mm. Sin embargo, la lámina no soldada puede ser de cualquier otro material tal como plástico, madera, vidrio, otro metal, etc.

El remache metálico puede ser de cualquier material que pueda soldarse a la estructura metálica mediante soldadura con láser. Según un aspecto de la invención, el remache metálico está realizado del material de la lámina de metal o de un material similar. Por tanto, según un aspecto preferido de la invención, el remache metálico es de titanio (Ti), aluminio (Al), magnesio (Mg) o una aleación de los metales. Una aleación de los metales mencionados es preferiblemente una aleación en la que cualquiera de estos metales está presente en una cantidad de no menos del 50% en peso, preferiblemente no menos del 75% en peso.

Según un aspecto de la invención, la sección de cabeza del remache metálico tiene una forma cónica que se estrecha desde un extremo del remache hasta una sección en la que la sección de cabeza se conecta a la sección de eje del remache. De acuerdo a otro aspecto de la invención, la sección de cabeza del remache metálico presenta un recorte, es decir, la sección de cabeza presenta una forma cilíndrica o hemisférica que es mayor en diámetro que la sección de eje.

El remache metálico puede ser un remache metálico macizo (sólido) o hueco.

El diámetro del remache metálico en su punto más ancho puede variar desde unos pocos micrómetros a una cantidad de centímetros. De mayor preferencia, el remache metálico presenta un diámetro de 2 mm a 10 mm, en particular de 4 mm a 6 mm.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la invención, se dispone una capa de aislante térmico entre la estructura metálica y la estructura de plástico de material compuesto. La capa de aislamiento térmico retrasa la transferencia de calor del remache metálico al plástico de material compuesto de forma que se evita que el plástico de material compuesto se queme, se funda o se deforme cuando el remache se suelda a la lámina de metal. Puede utilizarse como aislante térmico cualquier material que pueda absorber la energía inducida por el láser y que pueda soportar el calor generado por el láser. Los aislantes preferidos son los materiales cerámicos que presentan muy buenas propiedades aislantes. Sin embargo, estos materiales presentan la desventaja de que son muy quebradizos. Otros aislantes térmicos preferidos están realizados de cuarzo, alúmina o circonita. Preferiblemente, la capa de aislante térmico se dispone únicamente unos pocos mm (por ejemplo 0,1 a 1,5 mm) alrededor de los orificios a través de los cuales sobresale el remache metálico, y no a través de la totalidad de la interfaz metal, plástico de material compuesto.

El grosor de la lámina del aislante térmico depende de la estructura del área de unión, además de la cantidad de calor que se requiere que absorba. Por razones relacionadas con el peso, debe elegirse un grosor tan fino como sea posible. Por ejemplo, el grosor de la lámina del aislante térmico puede estar entre 0,1 mm y 2 mm, preferiblemente entre 1 y 1,5 mm.

Se prefiere que la estructura metálica entre la unión soldada con láser y el remache metálico cubra la profundidad total de la estructura metálica, es decir, el remache se suelda a la estructura metálica a través de todo el grosor de la estructura metálica. De esta manera se evitan puntos débiles en la interfaz entre el remache metálico y la estructura metálica, que pueden ser la causa del inicio de fisuras. Por tanto, si el láser no puede ajustarse de una manera lo suficientemente precisa para evitar el contacto con la estructura de plástico de material compuesto, se recomienda el uso de la anteriormente mencionada capa de aislante térmico en la interfaz entre la lámina de plástico de material compuesto y la lámina de metal. Por otro lado, un aislante térmico puede no resultar necesario, si se utiliza un láser para producir la unión soldada con láser, cuya profundidad puede ser ajustada en un área de pocos micrómetros.

Los parámetros de soldadura tendrán que ser ajustados dependiendo del equipo láser y la profundidad de la soldadura que se desea lograr. Estos parámetros pueden diferir cuando se utiliza un equipo láser diferente. Una persona experta en el arte sabría cómo ajustar los parámetros de soldadura. En un proceso habitual de la invención, se aplicó una potencia del láser de aproximadamente 1800 W. Además, para reducir la cantidad de calor transferido a la estructura de plástico de material compuesto durante el proceso de soldado, la estructura preferiblemente se enfría en el lado del plástico de material compuesto.

Otro parámetro de soldadura, que puede ser controlado, es la profundidad de soldadura. La profundidad de soldadura es preferiblemente tanta como el grosor de la placa o estructura metálica. Toda la interfaz del remache metálico y la estructura metálica es preferiblemente soldada, y la zona soldada, preferiblemente, no presenta ningún poro ni hendiduras. El ancho del agujero de vapor o "keyhole" (ojo de cerradura, término inglés por la forma que adquiere) se selecciona lo más estrecho posible, de manera que la zona soldada y la zona correspondiente afectada por el calor sean tan estrechas como sea posible. De esta manera, el daño a la placa de material compuesto es tan mínimo como sea posible.

Una soldadura láser de potencia muy alta puede ofrecer un área soldada de gran profundidad, pero deben tomarse precauciones para que se elimine la creación de poros. Sin el uso de un aislante térmico, una soldadura con láser de alta potencia puede también causar un daño irreversible a un material compuesto (un material compuesto duroplástico por ejemplo), sin el uso de un aislante térmico. Un material compuesto termoplástico puede soportar altas temperaturas sin un daño irreversible significativo y para estos casos puede ser apropiado un láser de potencia mayor, incluso sin el uso de un aislante.

Otro parámetro que puede ser controlado en el proceso de soldadura es la trayectoria de soldadura. Cuando el remache metálico tiene un diámetro determinado y preciso, la trayectoria de soldadura, preferiblemente, se ajusta de manera que el centro del keyhole se encuentre de forma exacta con la interfaz y la estructura metálica. Cuando la trayectoria de soldadura cambia hacia el centro del remache, la interfaz puede no estar completamente soldada y pueden insertarse hendiduras en la soldadura. Las hendiduras pueden ser puntos de inicio de fisuras que reducen la resistencia a la fatiga de una estructura. Cuando se cambia la trayectoria de soldadura hacia el exterior desde el centro del remache, pueden también introducirse hendiduras en la estructura.

Preferiblemente, se utiliza para la soldadura un láser de fibra de modo único que presenta un haz de muy buena calidad, el cual puede proporcionar una unión de buen rendimiento junto con un daño muy pequeño del plástico compuesto.

El objeto mencionado anteriormente se logra además mediante un ensamblaje de una estructura de plástico de material compuesto y una estructura metálica, en donde la estructura de plástico de material compuesto y la estructura metálica están conectados mediante un remache metálico cilíndrico, donde el remache metálico sobresale a través de un orificio en dicha estructura de plástico de material compuesto y dicha estructura metálica, y comprende una sección de cabeza y una sección de eje cilíndrico, donde la sección de cabeza es de un diámetro

5 mayor que la sección de eje, donde la conexión es de tal manera que la sección de cabeza está de cara a la superficie libre de dicha estructura de plástico de material compuesto y que al menos parte de la sección de eje entra en contacto con la estructura metálica, y en donde el remache metálico se une a la estructura metálica mediante una unión por soldadura láser. El ensamblaje es preferiblemente parte de una aeronave, una embarcación o un automóvil.

10 De forma alternativa, el objeto mencionado anteriormente se logra mediante un ensamblaje de una estructura de plástico de material compuesto que está dispuesto (en una disposición tipo sándwich) entre dos estructuras metálicas, y la estructura de plástico de material compuesto y las estructuras metálicas están conectadas por un pasador metálico cilíndrico, donde el pasador metálico sobresale a través de un orificio en dicha estructura de plástico de material compuesto, y dichas estructuras metálicas comprenden únicamente una sección de eje cilíndrico que es uniforme en su diámetro, donde dicha conexión es de tal manera que al menos parte de la sección de eje cilíndrico del pasador metálico entra en contacto con ambas estructuras metálicas, y el pasador metálico está unido a cada una de las estructuras metálicas mediante una unión soldada con láser. El ensamblaje es preferiblemente parte de una aeronave, una embarcación o un automóvil.

15 La resistencia a la fatiga es mejorada porque la placa metálica no presenta puntos débiles adecuados para el inicio de fisuras; la soldadura láser crea una estructura integrada, en la que el remache metálico o el pasador metálico que conecta la parte de material compuesto al metal, está soldado completamente a la estructura metálica. El mecanismo del fallo de la estructura cambia con el uso de esta invención, cambiando el fallo de la estructura metálica a los remaches metálicos o a los pasadores metálicos, que son entonces, más sencillos y económicos de reemplazar en comparación con la estructura metálica completa.

20

#### Descripción detallada de la invención

La invención se ilustra en mayor detalle mediante las figuras adjuntas, en donde:

La Fig. 1 es una vista en planta de un ensamblaje de acuerdo a una realización de la invención;

25 La Fig. 2 es una vista en corte transversal mediante un ensamblaje de acuerdo con otra realización de la invención.

La Fig. 3 es una vista en corte transversal mediante un ensamblaje de acuerdo con otra realización de la invención;

La Fig. 4 es una vista en planta de un ensamblaje de acuerdo con otra realización de la invención; y

La Fig. 5 es una vista en planta de un ensamblaje de acuerdo con aún otra realización de la invención.

30 La Fig. 6 es una vista en corte transversal mediante un ensamblaje de acuerdo con aún otra realización de la invención.

La Fig. 7 es una fotografía de corte transversal que representa una unión de soldadura.

La Fig. 8 es una fotografía que representa otra unión de soldadura.

35 La Fig. 1 representa un ensamblaje 10 que comprende una lámina 11 de plástico de material compuesto y una lámina metálica 12 que se superpone con la superficie de la lámina 11 de plástico de material compuesto. La lámina 11 de plástico de material compuesto y la lámina metálica 12 están unidas en su región de solapamiento mediante remaches 14 metálicos cilíndricos. Los remaches 14 metálicos cilíndricos presentan una sección superior que se adhiere a la superficie superior de la lámina 11 de plástico de material compuesto. Los remaches 14 pueden estar colocados en filas de un único o múltiples remaches, según se observa en la vista en planta.

40 La Fig. 2 representa un ensamblaje similar al que se muestra en la Fig.1 en una vista en corte transversal. El ensamblaje 20 representado en la Fig. 2 también comprende una lámina 21 de plástico de material compuesto y una lámina metálica 22 que se superpone con la superficie inferior de la lámina 21 de plástico de material compuesto. La lámina 21 de plástico de material compuesto y la lámina metálica 22 se unen en su región de solapamiento mediante remaches metálicos 24. Los remaches metálicos cilíndricos 24 presentan una parte de cabeza 25 que es mayor en diámetro que la parte de eje 26 del remache 24. En el caso representado, el remache presenta un recorte en forma de una parte anular 27 que separa su parte de cabeza 25 de su parte de eje 26, y que asegura la lámina 21 de plástico de material compuesto a la lámina metálica 22. El remache metálico cilíndrico 24 está unido a la lámina metálica 22 mediante uniones 28 soldadas con láser.

45

La Fig. 3 representa una realización alternativa de un ensamblaje de acuerdo con la invención. El ensamblaje 30 representado en la Fig. 3 comprende una lámina 31 de plástico de material compuesto y una lámina metálica 32 que se superpone con la superficie superior de la lámina 31 de plástico de material compuesto. La lámina 31 de plástico de material compuesto y la lámina metálica 32 se unen en su región de solapamiento mediante remaches 34 metálicos cilíndricos. Los remaches 34 metálicos cilíndricos presentan una parte de cabeza 35 que es mayor en su diámetro que la parte de eje 36 del remache 34. En el caso representado, la parte de cabeza 35 del remache 34 presenta una forma cónica. Se estrecha desde el extremo inferior del remache 34 hasta una sección, en la que la sección de cabeza 35 conecta con la sección de eje 36 del remache 34, formando también de ese modo una parte anular 37 que separa su parte de cabeza 35 de su parte de eje 36, y que asegura la lámina 31 de plástico de material compuesto a la lámina metálica 32. El remache 34 metálico cilíndrico está unido a la lámina metálica 32 mediante soldadura por láser 38.

Las Figs. 4 y 5 representan realizaciones alternativas de ensamblajes (40, 50) de acuerdo con la invención. Los ensamblajes (40, 50) comprenden una lámina (41, 51) de plástico de material compuesto y una lámina metálica (42, 52) que se superpone con la superficie superior de la lámina (41, 51) de plástico de material compuesto. La lámina (41, 51) de plástico de material compuesto y la lámina metálica (42, 52) se unen en su región de solapamiento mediante remaches (44, 54) metálicos cilíndricos, donde la sección inferior de los mismos es visible. Los remaches (44, 54) metálicos cilíndricos se unen a la lámina metálica (42, 52) mediante soldadura por láser (48, 58). Las Figs. 4 y 5 se distinguen por la disposición de los remaches metálicos en la superficie de la lámina metálica (42, 52). Los remaches (44, 54) pueden colocarse en filas de un único (Fig. 4) o de múltiples remaches (Fig. 5) según se observa en la vista en planta.

La Fig. 6 representa una realización alternativa adicional de un ensamblaje (60) de acuerdo con la invención. El ensamblaje (60) comprende una lámina (61) de plástico de material compuesto y dos láminas metálicas (62) que se superponen con la superficie superior e inferior de la lámina (61) de plástico de material compuesto, respectivamente, de manera que la lámina de plástico de material compuesto queda dispuesta entre las dos láminas metálicas. La lámina (61) de plástico de material compuesto y las láminas metálicas (62) se unen en su región de solapamiento mediante remaches (64) metálicos cilíndricos. Los remaches (64) metálicos cilíndricos están unidos a cada lámina metálica (62) mediante soldadura por láser, donde (68) representa la soldadura láser.

Las figuras anteriores no ilustran el aislante, que será una lámina o capa adicional dispuesta entre la lámina de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51, 61) y la lámina metálica (12, 22, 32, 42, 52, 62) en las figuras anteriores.

La Fig. 7 representa una fotografía de corte transversal de una unión soldada por láser en la que se utilizó un láser de alta potencia; hay algunos poros visibles en el área del keyhole de la soldadura. El lado derecho del pasador también muestra un ejemplo de un centro del keyhole desplazado hacia el exterior. Es también obvio que parte del material compuesto que se utiliza aquí está dañado por el calor.

La Fig. 8 representa otra fotografía de corte transversal de una unión soldada por láser. En esta fotografía, hay un ejemplo de un centro del keyhole que está desplazado hacia el exterior desde el centro del pasador. A la derecha del pasador, donde la soldadura no se realiza a través de toda la interfaz pasador/placa metálica, puede verse una hendidura. A la derecha del pasador, el keyhole está bien centrado, pero la profundidad de soldadura no cubre la total interfaz pasador metálico/placa metálica.

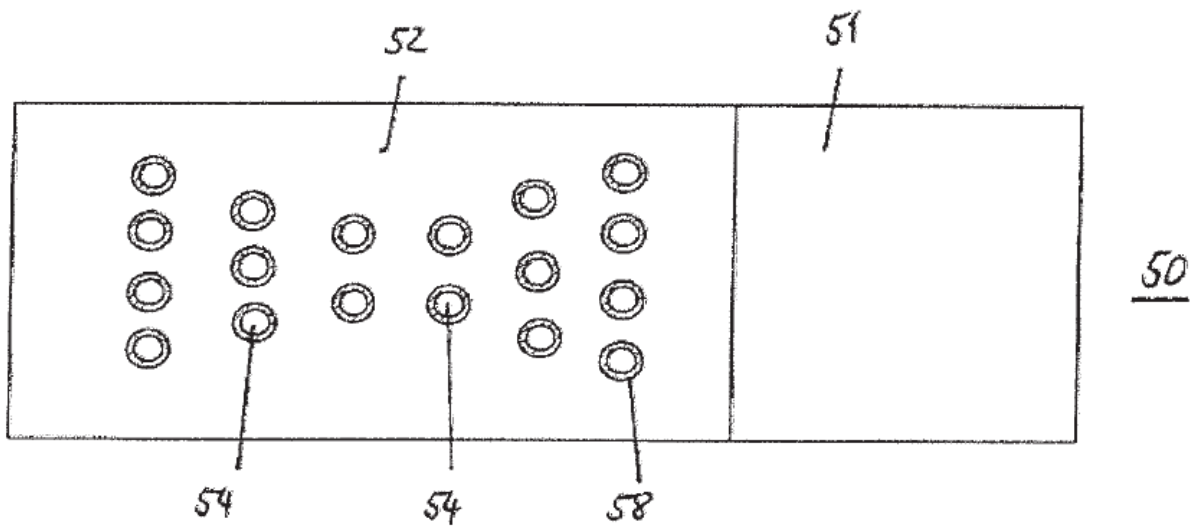
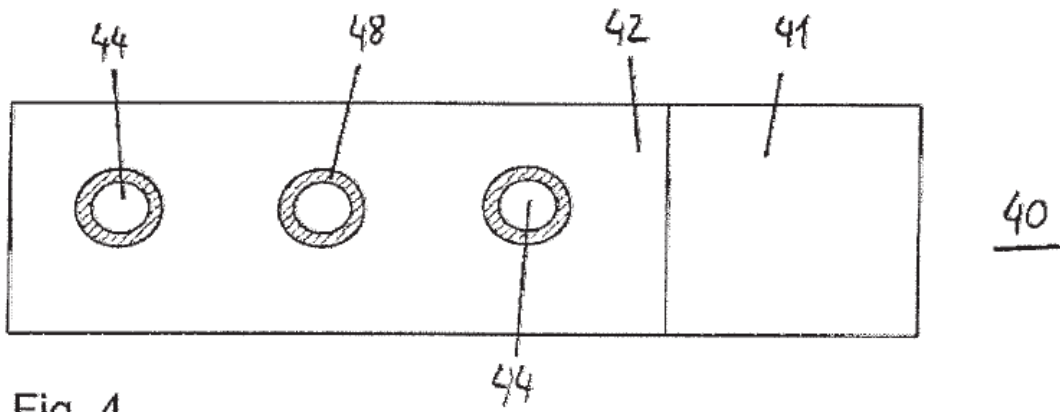
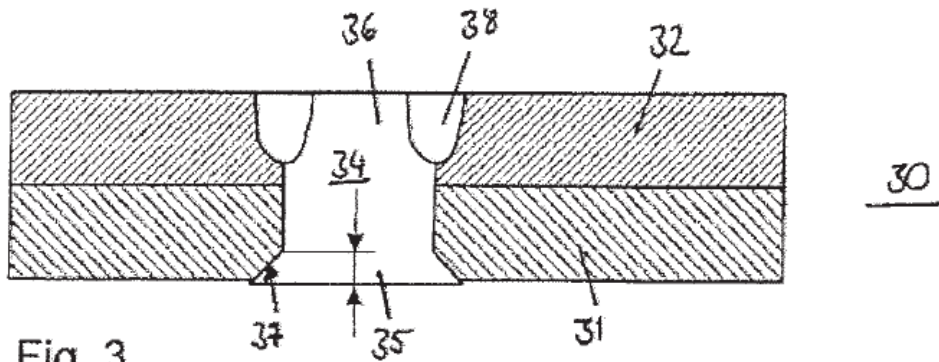
## REIVINDICACIONES

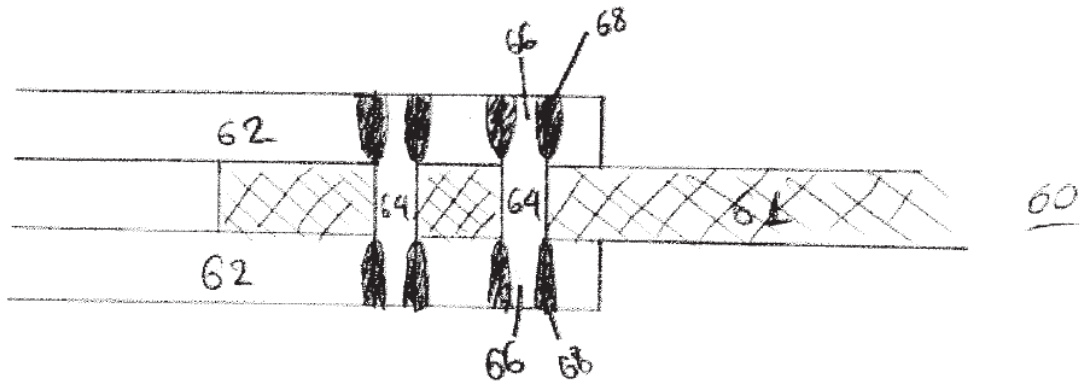
1. Método para la producción de una unión entre una estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51) y una estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52), en donde (i) al menos parte de la estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51) se superpone con al menos parte de la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52), (ii) donde un remache metálico cilíndrico (14, 24, 34, 44, 54) presenta una sección de cabeza (25, 35) y una sección de eje (26, 36), donde la sección de cabeza (25, 35) es de un diámetro mayor que la sección de eje (26, 36), sobresale a través de un orificio en dicha estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51), y donde dicha estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) conecta dicha estructura de plástico de material compuesto y dicha estructura metálica de tal forma que la sección de cabeza (25, 35) del remache metálico cilíndrico (14, 24, 34, 44, 54) está de cara a la superficie libre de dicha estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51) y que al menos parte de la sección de eje (26, 36) del remache metálico cilíndrico (14, 24, 34, 44, 54) está en contacto con la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52), y posteriormente, (iii) la parte de dicho remache metálico (14, 24, 34, 44, 54) que entra en contacto con dicha estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) se suelda a dicha estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) en la interfaz de dicho remache metálico y dicha estructura metálica, caracterizado porque la sección de cabeza (25, 35) sobresale a través de un orificio en dicha estructura de plástico de material compuesto y dicha estructura metálica, y porque la soldadura tiene lugar mediante soldadura por láser.
2. Método según la reivindicación 1, en donde la sección de cabeza (35) del remache metálico (34) presenta una forma cónica que se estrecha desde un extremo del remache hasta una sección, en la que la sección de cabeza (35) conecta con la sección de eje (36) del remache (34).
3. Método según la reivindicación 1, en donde la sección de cabeza (25) del remache metálico (24) presenta un recorte.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el remache metálico (14, 24, 34, 44, 54) es hueco.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) y la estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51) y el remache metálico (14, 24, 34, 44, 54) se unen entre sí mediante un adhesivo antes de que se realice la soldadura por láser.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde se dispone un aislante térmico entre la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) y la estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51).
7. Método según la reivindicación 6, en donde el aislante térmico es de un material cerámico, cuarzo, alúmina o circona.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material de la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) se selecciona del grupo que consiste en titanio (Ti), aluminio (Al), magnesio (Mg) o una aleación de los metales mencionados anteriormente.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material de la estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51) se selecciona del grupo que consiste en plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP) o un plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP).
10. Ensamblaje de una estructura de plástico de material compuesto (11, 21, 31, 41, 51) y una estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52), en donde la estructura de plástico de material compuesto y la estructura metálica están conectadas por un remache metálico cilíndrico (14, 24, 34, 44, 54), donde el remache metálico (14, 24, 34, 44, 54) comprende una sección de cabeza (25, 35) y una sección de eje (26, 36), donde la sección de cabeza (25, 35) es de un diámetro mayor que la sección de eje (26, 36), caracterizado porque el remache metálico (14,24,34,44,54) sobresale a través de un orificio en dicha estructura de plástico de material compuesto (11,21,31,41,51) y dicha estructura metálica (12,22,32,42,52), y porque dicha conexión es de tal manera que al menos parte de la sección de eje (26, 36) del remache (14, 24, 34, 44, 54) entra en contacto con la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) y en donde el remache metálico (14, 24, 34, 44, 54) y la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52) se unen mediante una unión de soldadura por láser de forma que la soldadura por láser crea una estructura integrada, donde el remache metálico se suelda a la estructura metálica (12, 22, 32, 42, 52).
11. Ensamblaje según la reivindicación 10, en donde el remache metálico es macizo.
12. Ensamblaje según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en donde el ensamblaje es parte de una aeronave, una embarcación o un automóvil.

- 5 13. Ensamblaje (60) de una estructura de plástico de material compuesto (61) que está dispuesta (disposición tipo sándwich) entre dos estructuras metálicas (62), y caracterizada porque la estructura de plástico de material compuesto (61) y las estructuras metálicas (62) se conectan mediante un pasador metálico cilíndrico (64), el pasador metálico (64) que sobresale a través de un orificio en dicha estructura de plástico de material compuesto (61) y dichas estructuras metálicas (62), y que comprende únicamente una sección de eje cilíndrico cuyo diámetro es uniforme, donde dicha conexión es de tal manera que parte de la sección de eje cilíndrico del pasador metálico (64) entra en contacto con ambas estructuras metálicas (62), y el pasador metálico (64) se une a cada una de las estructuras metálicas (62) mediante una unión de soldadura por láser (68), de forma que la soldadura por láser crea una estructura integrada, en la que el pasador metálico está soldado a las estructuras metálicas (62).
- 10 14. Ensamblaje según la reivindicación 13, en donde el remache metálico es macizo.
15. Ensamblaje según cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14, en donde el ensamblaje es parte de una aeronave, una embarcación o un automóvil.

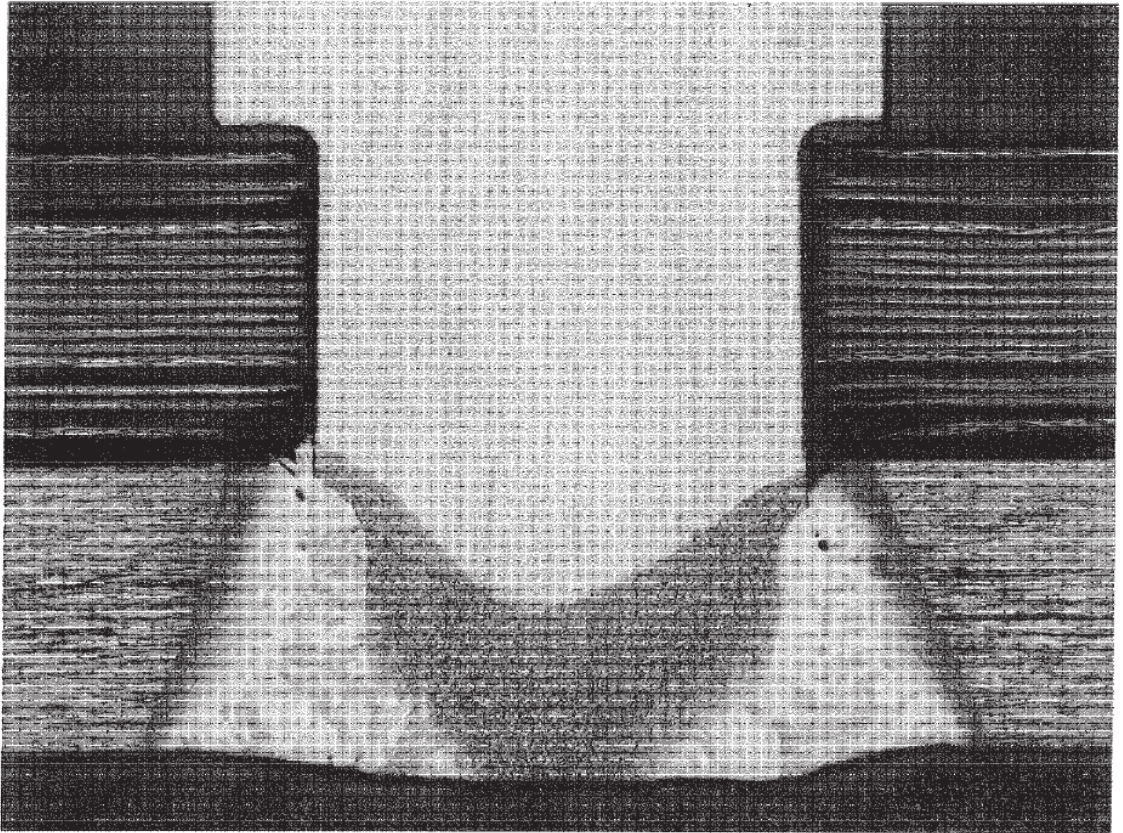






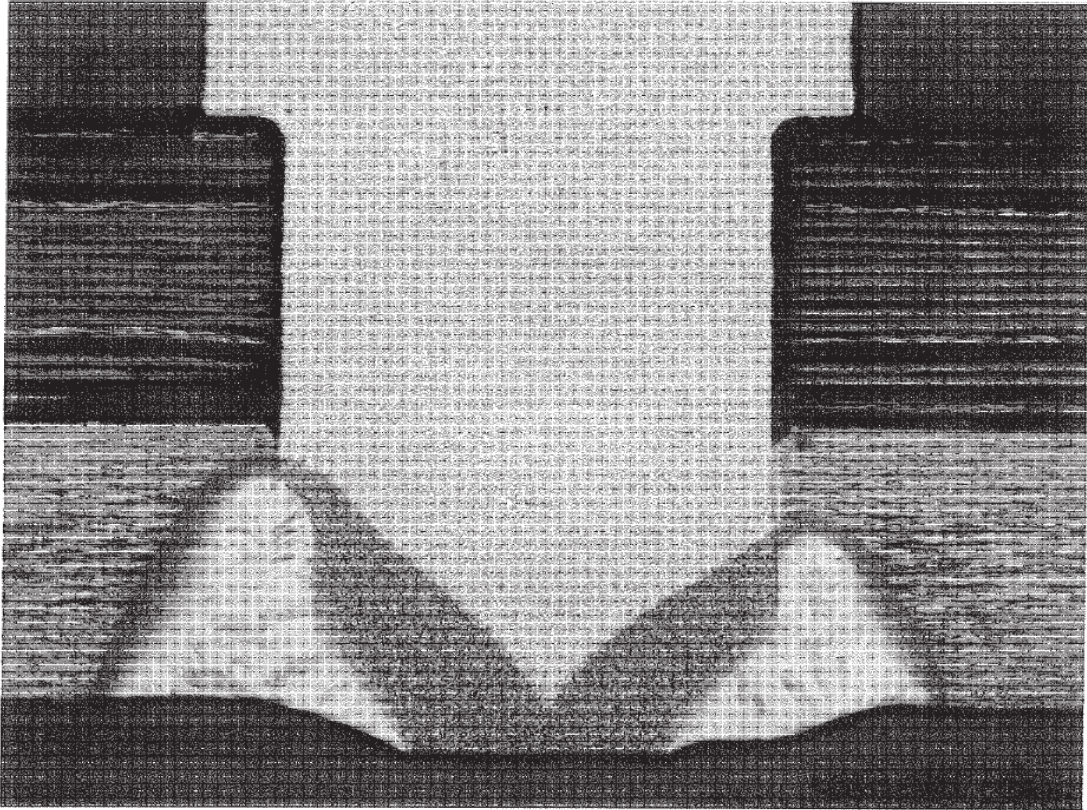


**FIG. 6**



**FIG. 7**





**FIG. 8**