

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 175**

51 Int. Cl.:

C23C 24/04 (2006.01)

B05B 7/14 (2006.01)

B05B 7/16 (2006.01)

C23C 30/00 (2006.01)

B22F 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2013 PCT/AU2013/000318**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13149291**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2013 E 13772931 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2834014**

54 Título: **Estructura de carga de titanio y proceso para producir la misma**

30 Prioridad:

04.04.2012 AU 2012901345

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

14.02.2019

73 Titular/es:

**COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL
RESEARCH ORGANISATION (100.0%)**

**Clunies Ross Street
Acton, ACT 2601, AU**

72 Inventor/es:

**ZAHIRI, SADEN;
JAHEDI, MAHNAZ;
LANG, JEFFREY;
FOX, TIMOTHY y
FOX, RICHARD**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 700 175 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

Estructura de carga de titanio y proceso para producir la misma

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a la producción de estructuras a partir de titanio y aleaciones de titanio. La presente invención también se refiere a estructuras producidas de acuerdo con la presente invención.

10 Antecedentes de la invención

El titanio y las aleaciones de titanio tienen una alta relación de resistencia/peso, alta rigidez y excelente resistencia a la corrosión. Por estas razones, es deseable usar dichos materiales para producir estructuras de carga, tales como bastidores de bicicleta. Los métodos actuales de fabricación para producir estructuras de carga de titanio/aleación de titanio, tales como bastidores de bicicletas, normalmente implican la formación de componentes de bastidor tubulares individuales (mediante procesos de fundición al vacío y de deformación para producir el perfil de componentes deseado), seguida del ensamblaje y soldadura de los diversos componentes para producir el bastidor. Como el titanio/aleaciones de titanio tienen una alta afinidad por el oxígeno, el procesamiento a alta temperatura tal como la soldadura, debe tener lugar en una atmósfera protectora (reductora). En general, este enfoque convencional requiere mucho tiempo, energía y mano de obra y, por tanto, es caro. Como resultado, el uso de titanio/aleaciones de titanio se ha limitado de alguna manera a cosas tales como productos aeroespaciales, biomédicos y deportivos de gama alta. Las limitaciones asociadas a las metodologías de fabricación convencionales impiden un uso más generalizado del titanio y las aleaciones de titanio.

En este contexto, sería deseable ofrecer un proceso para la fabricación de las estructuras de carga de titanio/aleaciones de titanio que no tuvieran estos problemas.

El documento WO 2009/109016 A1 desvela un proceso para producir tuberías que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio sobre un mandril y la retirada del mandril.

El documento EP 2 261 027 A2 desvela un proceso de aplicación de un recubrimiento metálico de grano fino sobre artículos poliméricos, por ejemplo, sobre bastidores de bicicletas, mediante electrodeposición, PVD, CVD o pulverización con gas frío.

35 Sumario de la invención

En consecuencia, la presente invención proporciona un proceso para producir una estructura de carga de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte para formar la estructura de carga como una construcción unitaria, evitando de este modo la necesidad de fabricar y unir componentes individuales, en el que la estructura de carga es un bastidor para una nave aeroespacial, una nave náutica, un vehículo motorizado, una bicicleta, una motocicleta, un escúter motorizado, una silla de ruedas, un ala delta o un equipaje, en el que la forma y la configuración del elemento de soporte reflejan la forma y configuración previstas de la estructura de carga que se ha de producir y en el que después de que se ha completado la pulverización dinámica por gas frío, el elemento de soporte se retira para producir la estructura de carga de titanio o aleación de titanio.

La presente invención también proporciona una estructura de carga de titanio o aleación de titanio producida de acuerdo con la presente invención, en la que la estructura de carga es un bastidor para una nave aeroespacial, una nave náutica, un vehículo motorizado, una bicicleta, una motocicleta, un escúter motorizado, una silla de ruedas, un ala delta o un equipaje.

En la presente memoria descriptiva, a menos que se indique lo contrario, el término "titanio" se usa para indicar titanio en sí y aleaciones de titanio. Por tanto, el proceso de la presente invención puede aplicarse para producir estructuras de carga de titanio y estructuras de carga de aleación de titanio.

En toda la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones a continuación, a menos que el contexto requiera otra cosa, se entenderá que la palabra "comprende", y variaciones tales como "comprenden" y "que comprende", implican la inclusión de un número entero o etapa o grupo de números enteros o etapas establecidos, pero no la exclusión de cualquier otro número entero o etapa o grupo de números enteros o etapas.

La referencia en la presente memoria a cualquier publicación previa (o información derivada de ella) o a cualquier materia que se conozca, no es y no debe tomarse como un reconocimiento o admisión o ninguna forma de sugerencia de que la publicación previa (o información derivada de ella) o materia conocida forme parte del conocimiento general común en el campo del esfuerzo al que se refiere la presente memoria descriptiva.

65

Breve discusión de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se ilustran con referencia al dibujo no limitante adjunto en el que:

- 5 La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de pulverización en frío para la deposición de titanio o aleación de titanio sobre un armazón de bastidor de la bicicleta;
- La Figura 2 es una micrografía de titanio pulverizado en frío sobre un elemento de soporte de aluminio (grabado);
y
- 10 La Figura 3 es una micrografía electrónica de barrido de la superficie de contacto entre titanio y aluminio.

Análisis detallado

- 15 El uso de la pulverización en frío de acuerdo con la presente invención permite partículas de titanio o de aleación de titanio que se han de depositar en el estado sólido y a una velocidad extremadamente alta sobre un elemento de soporte adecuado (también denominado en el presente documento como un "armazón"). Ventajosamente, esto elimina muchas etapas intermedias del proceso de fabricación a alta temperatura que, de otro modo, podrían necesitarse, tales como la fusión, la laminación y la soldadura del titanio o aleación de titanio. Dichas etapas normalmente requieren una atmósfera controlada para evitar la oxidación del titanio o la aleación de titanio. La eliminación de dichas etapas del proceso también puede ser beneficiosa en términos de consumo de energía y emisiones de carbono.

- 20 El uso de la pulverización en frío de acuerdo con la presente invención también puede conducir a una reducción de la entrada de materiales, una eliminación del coste de moldeo y fusión y/o la reducción de la reelaboración y el acabado para los productos de titanio o aleación de titanio. En consecuencia, el uso de la pulverización en frío de acuerdo con la presente invención puede disminuir los costes de fabricación y potenciar la eficiencia y la tasa de fabricación, con los correspondientes beneficios comerciales.

- 25 La pulverización dinámica por gas frío (pulverización en frío) es un proceso conocido que se ha utilizado para aplicar recubrimientos a superficies. En términos generales, el proceso implica la alimentación de partículas (metálicas y/o no metálicas) en una corriente de flujo de gas a alta presión que después se hace pasar a través de una boquilla convergente/divergente que provoca que la corriente de gas se acelere a velocidades supersónicas (normalmente por encima de 1000 m/s) o la alimentación de partículas en una corriente de gas supersónico después de la garganta de la boquilla. Después, las partículas se dirigen a una superficie donde se han de depositar. El proceso se realiza a temperaturas relativamente bajas, por debajo del punto de fusión del sustrato y las partículas que se han de depositar, formándose un recubrimiento como resultado del impacto de partículas sobre la superficie del sustrato. El hecho de que el proceso tenga lugar a una temperatura relativamente baja permite reducir o evitar los efectos termodinámicos, térmicos y/o químicos sobre la superficie que se está recubriendo y las partículas que constituyen el recubrimiento. Esto significa que la estructura original y las propiedades de las partículas pueden conservarse sin transformaciones de fase, etc. que de otro modo podrían asociarse a procesos de recubrimiento a alta temperatura tales como pulverización por plasma, HVOF, arco, llama de gas u otros procesos de pulverización térmica. Los principios subyacentes, el aparato y la metodología de la pulverización en frío se describen, por ejemplo, en el documento US 5.302.414.

- 30 El uso de la pulverización en frío en el contexto de la presente invención permite que la producción de estructuras de carga de titanio o aleación de titanio se simplifique enormemente y sea más económica. En el proceso de la presente invención, la pulverización dinámica por gas frío se usa para depositar y construir una capa de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado. Este enfoque evita la necesidad de fabricar y unir componentes individuales con el fin de producir una estructura final. En particular, de acuerdo con la presente invención, la pulverización en frío evita la necesidad de soldar componentes de titanio o aleación de titanio entre sí. El proceso de la invención puede considerarse un proceso para producir una estructura de carga que de otro modo (es decir, convencionalmente) se habría producido soldando entre sí componentes de la estructura individuales. Dicho de otra manera, la estructura de carga producida de acuerdo con la invención se forma como una construcción unitaria en lugar de haber sido montada mediante la fabricación y unión de diversos componentes.

- 35 El proceso de la invención se usa para producir una estructura de carga y, al hacerlo busca aprovechar las propiedades de los materiales deseables del titanio o aleación de titanio mencionadas anteriormente. La expresión "estructura de carga" se usa para indicar una estructura cuya función es soportar una carga. La estructura de carga tiene la forma de un bastidor que es una estructura básica sobre la que se montan otros componentes. El bastidor es para una nave aeroespacial o náutica o un vehículo motorizado, o un bastidor para una bicicleta, motocicleta, escúter, silla de ruedas, ala delta o equipaje. Se cree que la presente invención es particularmente adecuada para la fabricación de bastidores de bicicletas y motocicletas.

- 60 La estructura de carga puede ser un producto final o puede ser un componente de un producto final. Por ejemplo, en el caso de una bicicleta, la invención puede aplicarse para producir el bastidor principal.

En el proceso de la presente invención, la pulverización en frío se usa para depositar y acumular una capa de titanio o aleación de titanio sobre la superficie de un elemento de soporte. La forma y la configuración del elemento de soporte reflejarán la forma prevista de la estructura de carga que se producirá. A este respecto, el elemento de soporte puede considerarse como un armazón o esqueleto.

El material utilizado para el elemento de soporte debe ser uno que no se deforme cuando el titanio o aleación de titanio se pulverice en frío sobre el mismo. Después de todo, el elemento de soporte proporciona una base sobre la que se deposita titanio o aleación de titanio y cualquier deformación del mismo puede provocar defectos y/o desviaciones en las tolerancias de fabricación en la estructura que se produce. Las propiedades mecánicas, el coste y/o la facilidad con los que puede producirse el propio elemento de soporte pueden influir en la selección del material para el elemento de soporte. El elemento de soporte puede estar constituido por componentes individuales que se unen entre sí o puede ser una estructura unitaria, por ejemplo, una estructura moldeada.

Después de que se ha completado la pulverización en frío y se ha depositado un espesor suficiente de titanio o aleación de titanio depositado sobre el mismo (basado en el uso pretendido de la estructura de carga), el elemento de soporte se retira para producir una estructura de carga de titanio aleación de titanio sin apoyo.

La retirada del elemento de soporte puede ser importante cuando se desea mantener el peso de la estructura tan bajo como sea posible. Dependiendo de la complejidad del diseño y el acceso al mismo, el elemento de soporte puede retirarse mediante una diversidad de métodos. Por ejemplo, el elemento de soporte puede retirarse por medios mecánicos. Esto puede implicar la ruptura o retirar mediante una máquina el elemento de soporte. En el caso de romper el elemento de soporte, el elemento de soporte puede estar formado por un material (tal como una cerámica) que sea adecuadamente rígido y resistente a la temperatura para permitir la formación de la estructura de carga sobre una superficie del elemento de soporte, pero que sea adecuadamente frágil para permitir que el elemento de soporte se rompa y se retire cuando se necesite la separación del elemento de soporte y la estructura.

En esta realización, el espesor de la estructura de titanio o aleación de titanio formada por pulverización en frío debe ser adecuada para satisfacer los requisitos estructurales en aquellas regiones de donde se ha retirado el elemento de soporte. Por tanto, el espesor del titanio o aleación de titanio estará determinado por la aplicación. A modo de ejemplo, para un bastidor de bicicleta, el espesor del titanio o de la aleación de titanio puede variar de 1 a 5 mm.

Como una alternativa adicional, el elemento de soporte puede retirarse disolviéndolo o fundiéndolo. Por ejemplo, si el material de soporte es aluminio, este puede retirarse mediante disolución en hidróxido de sodio. Por supuesto, cualquiera que sea el método utilizado para retirar el elemento de soporte, éste no debe afectar negativamente a la estructura de titanio o aleación de titanio que se ha producido.

La superficie del elemento de soporte que se ha de recubrir con partículas influirá en las características de la superficie correspondiente de la estructura que se produce. Preferentemente, la superficie del elemento de soporte que se ha de recubrir es lisa y sin defectos.

Otra posible ventaja de la presente invención es que la composición que se aplica por pulverización en frío puede variarse a medida que transcurre la pulverización en frío y esto puede proporcionar flexibilidad en términos de las características del producto. Por ejemplo, puede ser deseable variar el grado del titanio (o el tipo de aleación de titanio) utilizado con el fin de cumplir con los requisitos de carga específicos de la ubicación en la estructura que se produce. Las regiones que son menos sensibles a la carga pueden estar formadas por materiales de menor calidad (o grado inferior) y, por tanto, más baratos.

En otra realización el espesor del titanio o la aleación de titanio depositado puede variar con el fin de cumplir con los requisitos específicos de la localización de la estructura que se produce. Por ejemplo, las regiones de la estructura que se espera que experimenten cargas pesadas pueden hacerse más gruesas que las regiones que probablemente encuentren cargas menores. Por supuesto, si la estructura ha de producirse usando múltiples materiales, entonces ha de tenerse en cuenta la compatibilidad de los diferentes materiales. Si dos o más de los materiales propuestos son incompatibles de alguna manera (por ejemplo, cohesión/unión), puede ser necesario separar los materiales incompatibles con una o más regiones de materiales mutuamente compatibles.

Es probable que el tamaño promedio de las partículas de titanio o de aleación de titanio que se pulverizan en frío influya en la densidad de la deposición resultante sobre el elemento de soporte. Preferentemente, la deposición es densa y sin defectos, micro-huecos conectados (fugas) y similares, puesto que la presencia de los mismos puede ser perjudicial para la calidad. Normalmente, el tamaño de las partículas aplicadas por pulverización en frío es de 5 a 40 micrómetros con un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 25 micrómetros. Un experto en la materia será capaz de determinar el tamaño de partícula óptimo o la distribución del tamaño de partícula que se ha de usar basándose en la morfología del polvo y las características de la estructura que se ha de formar. Generalmente, el espesor de la capa de titanio o aleación de titanio se desarrollará gradualmente durante el proceso de pulverización en frío.

Las partículas adecuadas para su uso en la presente invención están disponibles en el mercado. Los grados útiles del titanio incluyen el titanio de pureza comercial, especialmente los grados 2 y 3. Las aleaciones de titanio útiles están disponibles en el mercado e incluyen aleaciones de titanio aluminio vanadio tales como el titanio 64 (6 % de aluminio, 4 % de vanadio).

Es probable que el aparato de pulverización en frío utilizado para la aplicación del método de la presente invención sea de forma convencional y dicho equipo está disponible en el mercado o se construye individualmente. En términos generales, la base del equipo utilizado para la pulverización en frío será como se describe e ilustra en el documento US 5.302.414. Dicho aparato de pulverización en frío puede combinarse con un equipo para sujetar y manipular el elemento de soporte, según se requiera. Pueden usarse múltiples boquillas en tándem para la pulverización en frío.

Después de que se ha completado la pulverización en frío, puede proporcionarse un acabado de la superficie a la estructura que se ha producido, por ejemplo, puede lijarse, tornearse o pulirse de acuerdo con las especificaciones del usuario final. Es posible que otros componentes o piezas se aseguren a la estructura, tales como los soportes y similares, y esto puede hacerse de manera convencional. Dicho esto, es posible que la pulverización en frío se pueda usar para formar soportes y similares como parte integral de la estructura.

La presente invención puede tener una utilidad particular para la producción de bastidores de bicicleta o motocicleta. La invención puede aplicarse para fabricar un bastidor directamente a partir de polvo de titanio o aleación de titanio mediante deposición de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte con la forma apropiada. Utilizando la tecnología de pulverización en frío de acuerdo con la presente invención, las partículas de titanio o aleación de titanio a velocidades muy superiores a las velocidades supersónicas impactan sobre el elemento de soporte para formar una unión metalúrgica y se depositan sobre la superficie para formar una cubierta de titanio o aleación de titanio de una sola pieza, creando una estructura de monocasco sobre el elemento de soporte. La fusión no está implicada en este proceso, lo que proporciona un ahorro de costes significativo para la implementación de una atmósfera protectora para la fabricación de titanio o aleación de titanio. Se puede conseguir una rápida deposición de material debido a la deposición extremadamente rápida de partículas, lo que hace que el proceso sea rentable y menos laborioso. De hecho, el proceso tiene potencial para ser completamente automatizado.

Se apreciará que la presente invención puede implementarse en una diversidad de realizaciones, incluyendo las que se enumeran a continuación. Se apreciará que determinadas realizaciones pueden combinarse, mientras que otras son claramente mutuamente excluyentes.

- Una ventaja importante de la presente invención es que permite que se produzcan estructuras de carga que de otro modo requerirían la soldadura de componentes individuales entre sí. Como se ha explicado anteriormente, la soldadura de componentes de titanio o aleación de titanio tiene limitaciones prácticas asociadas. Ventajosamente, la presente invención proporciona un proceso para producir una estructura de carga de titanio o aleación de titanio que evita la necesidad de soldar componentes individuales entre sí, que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado adecuadamente. En esta realización, la estructura de carga se forma como una construcción unitaria en lugar de montarse a partir componentes individuales.
- Después de la formación de la estructura de carga, el elemento de soporte se retira. Esto puede ser beneficioso con respecto a la reducción del peso de la estructura de titanio o aleación de titanio. En esta realización, la presente invención proporciona un proceso para producir una estructura de carga de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado adecuadamente para producir la estructura de carga seguida de la retirada del elemento de soporte.
- La estructura de carga puede ser de diseño monocasco. Esto puede proporcionar una reducción del peso y ahorro en el consumo de materiales. En esta realización, la presente invención proporciona un proceso para producir una estructura de carga de titanio o aleación de titanio de diseño monocasco, que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado adecuadamente.
- La presente invención puede tener una utilidad particular en la fabricación de un bastidor de bicicleta o motocicleta. En consecuencia, la presente invención proporciona un proceso para producir un bastidor de bicicleta o motocicleta de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado adecuadamente. Preferentemente, el elemento de soporte está formado de aluminio o una aleación de aluminio. Cuando se compara con la fabricación convencional de bastidores de bicicleta y motocicleta de titanio o aleación de titanio, la invención ofrece las siguientes ventajas:

- 5 • El bastidor de titanio o aleación de titanio se fabrica directamente a partir de polvo de titanio o aleación de titanio. En los métodos de fabricación convencionales, el titanio o la aleación de titanio se fabrican a través de fundición (en atmósfera protectora) y una serie de procesos de deformación para producir un perfil. Estos perfiles de titanio o aleación de titanio se sueldan al bastidor final. A diferencia de los procesos actuales en la presente invención, no se requieren la fusión, la fabricación del perfil ni la unión de piezas de titanio o aleación de titanio. Dichas etapas convencionales tienden a ser laboriosas y requieren mucho tiempo.
- 10 • Ahorro de peso y resistencia a la corrosión. La densidad del titanio ($4,6 \text{ g/cm}^3$) es casi la mitad que la de los aceros ($7,8 \text{ g/cm}^3$). Esta densidad menor proporciona un ahorro de peso mejorado. La resistencia superior a la corrosión del titanio también elimina cualquier procesamiento adicional para proporcionar protección a la superficie.
- 15 • El proceso de la invención es un proceso rápido y de bajo coste con capacidad de ser un proceso de fabricación altamente automatizado.
- Flexibilidad en la fabricación de formas complicadas y, por tanto, gran campo para el diseño y el desarrollo de nuevos productos.
- 20 • Proceso ecológico. La presente invención elimina los procesos de fusión y unión en el ciclo de fabricación, disminuyendo de este modo la huella de carbono del proceso de fabricación. También evita el uso de compuestos volátiles como se usan en la construcción de material compuesto polimérico.

25 La presente invención puede encontrar un valor particular en la producción de bastidores de bicicleta. Dichos bastidores tienden a tener una forma compleja y se forman normalmente mediante la soldadura de elementos de bastidor individuales entre sí. La presente invención, por tanto, representa un campo de fabricación alternativo atractivo.

30 A continuación, se analizan etapas de proceso y consideraciones prácticas en el contexto de la producción de un bastidor de bicicleta mediante el proceso de la presente invención. Sin embargo, se apreciará que estas etapas de proceso y consideraciones prácticas serán relevantes para la producción de otros tipos de estructuras de carga.

35 La forma compleja de un bastidor de bicicleta puede requerir el examen de la configuración de la boquilla para la deposición y el desarrollo de un sistema de fabricación de pulverización en frío (directo) satisfactorios. A este respecto, una consideración de fabricación importante es cómo la boquilla puede colocarse y posiblemente moverse de manera que se puedan formar ángulos complejos del bastidor.

40 En este caso puede ser apropiado emplear una plataforma móvil (por ejemplo, giratoria) a la que el armazón pueda estar unido. El movimiento de la plataforma puede controlarse mediante un sistema informático programable. Los parámetros de funcionamiento de la pulverización en frío también pueden variar para optimizar la deposición sobre el armazón.

45 Puede ser apropiado fijar la boquilla de pulverización en frío a un brazo robótico que pueda moverse controlado por ordenador. Sin embargo, en el presente documento, debe tenerse cuidado para evitar o limitar el desgaste y el rasgado en la manguera o manguera de gas y/o los cables de alimentación fijados asociados al equipo de pulverización en frío, ya que esto puede provocar la formación de grietas y problemas de seguridad. En vista de esto, puede ser preferible mantener la boquilla de pulverización en frío fija y mover el armazón con respecto a la boquilla. Por tanto, el armazón puede unirse a un brazo robótico que pueda moverse controlado por ordenador.

50 La implementación de la invención también puede implicar la optimización del diseño con respecto a la carga, el peso y la estimación del coste del producto final. Por ejemplo, puede usarse el software Autodesk para desarrollar modelos CAD/CAM para estimar la distribución de la tensión y la deflexión del material del armazón. Después de la deposición de titanio o aleación de titanio pueden medirse y/o modelarse propiedades mecánicas relevantes del producto. A partir de dicho trabajo, puede desarrollarse un molde que proporcione la capacidad de estimar el peso del producto y la capacidad de carga basándose en el espesor del armazón y el espesor del depósito de titanio o aleación de titanio.

55 Puede usarse un sistema de robot avanzado para proporcionar movimientos sofisticados necesarios para conseguir la pulverización en frío adecuada de un armazón. El robot puede usar un software especial para demostrar el desarrollo y la ejecución del programa del robot en un mundo virtual. Pueden aplicarse la transferencia y la ejecución del programa desarrollado del mundo virtual a las condiciones de deposición reales para demostrar una vía satisfactoria que sea extremadamente rentable con respecto al tiempo necesario para el proceso de fabricación directo, el tiempo de inactividad para el equipo de pulverización en frío y el personal necesario. A continuación, se proporciona un ejemplo de un enfoque satisfactorio.

65

Programa robótico virtual para armazón de tamaño reducido

5 Se desarrolló un programa en un entorno virtual para un armazón de tamaño reducido que se diseñó usando el software CAD disponible en el mercado. En este sentido, cualquier software de dibujo 3D que pueda producir el archivo ".SAT" debe ser aceptable. Se diseñó un armazón de tamaño reducido en lugar de un armazón de tamaño completo para conseguir resultados rápidamente con respecto a la programación virtual.

Desarrollo del algoritmo avanzado

10 La forma sofisticada de un armazón con muchas uniones y ángulos requiere un programa robótico sofisticado con un número considerable de objetivos (deposición) (> 4000) y vías para la deposición satisfactoria. Programar esta gran cantidad de objetivos es extremadamente difícil y lento. Para superar esto, puede desarrollarse un algoritmo avanzado dentro del software para disminuir considerablemente la cantidad de objetivos que es necesario que programe el desarrollador. En este algoritmo, cada parte del armazón se considera como un módulo con 16
15 objetivos principales que están programados por el desarrollador y los objetivos adicionales se crean mediante algoritmo. Este enfoque ahorra una cantidad de tiempo considerable para la programación. En general, los objetivos dentro del algoritmo tienen que satisfacer las siguientes condiciones.

- 20 1. Estar dentro del alcance del brazo robótico con respecto a la salida de la boquilla de pulverización en frío.
2. Optimizados para la deposición de titanio (ángulo y distancia de la boquilla de pulverización en frío).
3. Sin colisión con la boquilla de pulverización en frío u otros objetos cerca del brazo robótico.

25 La etapa final del desarrollo de este tipo de sistema de fabricación directa es examinar el programa del robot virtual en condiciones de laboratorio reales. El movimiento del robot de alta precisión puede someterse a ensayo exponiendo un armazón de tamaño reducido a un chorro supersónico de partículas de titanio pulverizadas en frío. Predecir el comportamiento del chorro supersónico puede ser difícil debido a la generación de turbulencias complejas a partir de la interacción del chorro con las superficies curvadas y en ángulo del armazón. Esto requiere la
30 ejecución de un programa virtual en condiciones reales.

Parámetros del robot

35 Para una fabricación directa rentable de acuerdo con la invención, la velocidad del robot puede aumentarse para una producción más rápida. Sin embargo, se ha descubierto que el efecto principal del aumento de la velocidad lineal del robot sobre la deposición de titanio fue una disminución en el espesor del depósito de titanio. Este efecto de adelgazamiento puede compensarse aumentando la velocidad de alimentación del sistema de pulverización en frío (salida de polvo). La velocidad lineal del robot no tiene ningún efecto significativo sobre la eficacia de la deposición
40 de titanio debido a la velocidad de partículas extremadamente rápida implicada (> 1000 m/s). Esto es casi 4 órdenes de magnitud más rápido que la velocidad normal del robot. Esto presenta una ventaja única para que la tecnología de pulverización en frío consiga un proceso de fabricación directo uniforme y rápido que elimine los procesos de producción que implican procesos de fabricación de perfiles y soldadura que requieren mucho tiempo.

Mejora de la calidad de la superficie

45 La calidad de la superficie/acabado de la superficie del producto pulverizado en frío puede ser importante para la comercialización del producto. Se puede conseguir una diversidad de acabados de la superficie, incluyendo el acabado de espejo, anodizado de diferentes colores y otras superficies reflectantes impulsadas por el mercado. Puede conseguirse una superficie altamente reflectante mediante el pulido adecuado del titanio depositado.

Programa robótico virtual para armazón de tamaño completo

Conseguir la fabricación directa de un armazón de tamaño completo implicará:

- 55 1. Conseguir el alcance total del brazo robótico a objetivos programados; y
2. Prevenir fallos de proximidad y la colisión del armazón grande con el equipo de boquillas de pulverización en frío y otros objetos en las proximidades durante la ejecución del programa.

60 La posición de la boquilla de pulverización puede optimizarse para un armazón de tamaño completo después de posicionar simulaciones para conseguir el mejor alcance del brazo robótico a todos los componentes del armazón. Puede definirse una posición "inicio" para llevar el armazón a su posición original después de la ejecución de cada módulo del programa. Para una producción rápida, un armazón puede dividirse en partes, por ejemplo, dos mitades, tales como la mitad delantera y la espejular. Entonces cada parte tiene su propio módulo para programar objetivos.

65

Además de esto, puede ser necesario un módulo de calibración para configurar la boquilla con respecto al brazo robótico y el armazón en condiciones de deposición reales. Esto es importante con el fin de garantizar que el armazón y la boquilla estén exactamente en las mismas posiciones en el espacio que se simulan en el programa virtual. Puede desarrollarse una serie de módulos en el programa virtual para depositar titanio en toda la estructura del armazón. La clave para el éxito de la programación virtual es conseguir el alcance del brazo robótico a todos los objetivos sin ningún fallo de proximidad ni colisión para objetivos individuales.

Fabricación satisfactoria de un bastidor de bicicleta de titanio o aleación de titanio de tamaño completo

La primera etapa para la deposición de titanio o aleación de titanio sobre un armazón adecuado implica la calibración del sistema de fabricación para conseguir posiciones precisas para el armazón y las boquillas de pulverización en el espacio según simulaciones en la estación virtual del robot. Esto es extremadamente importante debido al hecho de que, si la boquilla y el armazón no están alineados, casi todos los objetivos programados en el programa virtual estarán fuera de posición en condiciones reales de deposición. Esto podría provocar una falta de deposición en ciertas áreas y quizás colisiones del armazón con la boquilla. Puede diseñarse un proceso de calibración para superar estos problemas.

Calibración del armazón con respecto a la boquilla de pulverización en frío

El posicionamiento preciso del armazón con respecto a la boquilla de pulverización en frío era importante debido a la necesidad de que las coordenadas objetivo, en condiciones de deposición reales, se parecieran a la estación virtual del robot. Para conseguir dicha precisión, el armazón tenía que colocarse con precisión con respecto al brazo robótico y al soporte del armazón. Puede diseñarse un eje para fijar el armazón a un brazo robótico con un pasador para mantener el armazón en posición. Deseablemente, la calibración propuesta es completamente automática, ajustando el armazón automáticamente su posición con respecto al brazo robótico.

Puede desarrollarse un programa de calibración para examinar el posicionamiento preciso del armazón con respecto a la punta de la boquilla. En este programa es posible la calibración angular del armazón con respecto a la punta de la boquilla de pulverización en frío. Este proceso de calibración para la fabricación se desarrolla principalmente para un posicionamiento lineal y angular precisos. Esto es particularmente esencial para el desarrollo futuro de armazones de nuevo diseño con potencial para un sistema de calibración completamente automatizado.

Deposición de titanio o aleación de titanio

La siguiente etapa después de la calibración del sistema de fabricación y la alineación de la boquilla de pulverización en frío y el armazón es la deposición de titanio o aleación de titanio. La ejecución de un programa robótico desarrollado ha conducido a la producción satisfactoria del primer bastidor de bicicleta de titanio o aleación de titanio fabricado directamente mediante pulverización en frío de polvo de titanio o aleación de titanio. El siguiente detalle se proporciona a modo de ilustración y no debe considerarse limitante.

Se construyó un armazón de aluminio, en la forma deseada de un bastidor de bicicleta, uniendo (soldando) un tubo de aluminio con un espesor de pared de 0,5 mm. Sobre este armazón se depositó una capa de titanio de aproximadamente 1 mm de espesor en aproximadamente 45 minutos. Este tiempo podría reducirse con velocidades de alimentación de titanio más rápidas y velocidades del robot más altas. En concreto, esto se compara con un tiempo de producción de aproximadamente 2 días usando los procesos de soldadura tradicionales.

El depósito de titanio o aleación de titanio por pulverización en frío es en forma de una cubierta alrededor del armazón. Esta estructura única no implicó ninguna unión ni soldadura. Se cree que esto representa un cambio de paradigma en la forma en que se fabrican dichas estructuras complicadas.

El material del armazón puede retirarse dejando una cubierta de titanio o aleación de titanio mediante disolución del armazón en una solución adecuada, tal como sosa cáustica.

Sin embargo, es igualmente posible que la estructura del armazón pueda conservarse como parte del bastidor de bicicleta de titanio o aleación de titanio para aprovechar las propiedades combinadas de forma única del titanio o aleación de titanio y el aluminio en una estructura de compuesto de baja densidad.

El titanio y las aleaciones de titanio contribuyen con una serie de propiedades deseables incluyendo resistencia, ligereza y durabilidad. Dichas propiedades son muy beneficiosas en una bicicleta de alto rendimiento. De acuerdo con esta realización, también puede ser posible producir bastidores de bicicleta para un uso más "convencional". En dichos casos, puede conseguirse un peso ligero usando una combinación de un armazón de aluminio (densidad 2,6 g/cm³) y una cubierta/capa exterior de titanio pulverizada en frío (densidad 4,6 g/cm³). Esto debe compararse con el acero atípico que tiene una densidad de aproximadamente 7 g/cm³. El coste del bastidor puede controlarse variando la relación de aluminio a titanio utilizada. El bastidor resultante aún será menos voluminoso que un bastidor todo de aluminio que debe usar masa para compensar la resistencia relativamente baja del aluminio (en comparación con la resistencia del titanio).

Se ilustran realizaciones de la presente invención con referencia al ejemplo no limitante adjunto.

Ejemplos

5

Ejemplo 1

Materiales y Métodos

10

Sistema de pulverización en frío

Un esquema de un sistema de pulverización en frío que puede usarse para depositar polvo de titanio sobre un armazón conformado adecuadamente se muestra en la Figura 1.

15

Leyenda de la figura 1:

1
2
3
20 4
5
6
7
8
25 9
10

- 1 Recinto
- 2 Fuente de gas (normalmente nitrógeno, helio o una mezcla de ambos)
- 3 Gas suministrado a alta presión
- 4 Calentador
- 5 Alimentación de polvo de titanio
- 6 Calentador eléctrico
- 7 Boquilla Laval
- 8 Chorro supersónico de partículas de titanio
- 9 Armazón
- 10 Robot

30

Se hace pasar nitrógeno, gas helio o una mezcla de los mismos a alta presión a través de un sistema de calefacción y una boquilla convergente/divergente. La expansión rápida del gas a la salida de la boquilla conduce a la aceleración del gas a velocidades superiores a las supersónicas y a una disminución significativa de la temperatura del gas. La inyección de polvo de titanio en la corriente de gas de pulverización en frío da como resultado la aceleración de las partículas a una velocidad supersónica. Esto da como resultado que las partículas de titanio alcanzan la energía cinética necesaria para la deposición por pulverización en frío y la unión con el armazón.

35

La tabla 1 a continuación muestra los parámetros optimizados para la deposición satisfactoria de titanio por pulverización en frío sobre un armazón de aluminio. En conveniente señalar que puede conseguirse una deposición satisfactoria usando un intervalo de parámetros operativos. Esto se debe a que la variación de la temperatura y la presión del gas puede crear condiciones que conducen a una velocidad crítica para la deposición de partículas de titanio. Adicionalmente, la aceleración por encima de esta velocidad crítica contribuye a la densificación del depósito de titanio y al cambio en las propiedades mecánicas del recubrimiento producido.

40

La tabla 1 muestra los intervalos de parámetros de pulverización en frío que se encontraron útiles para la deposición satisfactoria de un polvo de titanio de grado 2 sobre un armazón de aluminio de acuerdo con la presente invención.

Número del parámetro	Parámetros de pulverización en frío	Intervalo
1	Tipo de gas de ejecución	Nitrógeno
2	Presión del gas	2,5-3,5 MPa
3	Temperatura del gas	450-850 °C
4	Velocidad de alimentación del polvo	1,5-10 kg/hora
5	Distancia de separación (distancia entre la salida de la boquilla y el armazón)	25-40 mm
6	Tipo de polvo	Titanio de grado 2 de forma irregular
7	Intervalo de tamaño de las partículas de titanio	5-40 micrómetros

45

Robot

50

Se usa un robot para manipular el armazón en frente de la boquilla de pulverización en frío. El movimiento del armazón se controla de manera muy precisa mediante un brazo robótico controlado por ordenador que está programado para seguir un camino programado a una velocidad definida.

Almacén

El almacén es una estructura delgada (espesor de 0,5 mm o mayor) sobre la que puede depositarse titanio. De esta manera, el titanio forma una cubierta transparente sobre el almacén. En la presente invención, el aluminio se usa preferentemente como material del almacén debido a su peso ligero, densidad (2,7 g/cm³) y precio asequible. Sin embargo, en principio, puede usarse para el almacén cualquier material sobre el que pueda depositarse el titanio usando pulverización en frío.

Ejemplo 2

Como se ha señalado anteriormente, se cree que la presente invención tiene una utilidad particular en la fabricación de bastidores de bicicleta. Este ejemplo detalla las etapas y procesos implicados en la fabricación de un bastidor de este tipo. Sin embargo, ha de apreciarse que las etapas y procesos descritos pueden aplicarse para producir otros productos de acuerdo con la presente invención.

Optimización del proceso de deposición

Para optimizar el proceso de deposición de titanio, se diseñó una serie de experimentos para determinar los parámetros de pulverización en frío críticos. Se aplicaron partículas de titanio mediante pulverización en frío a un almacén aluminio sin aleación (de tipo 1100) para producir una estructura de bastidor de bicicleta de titanio.

La deposición se realizó sobre muestras en forma de tubo diseñadas especialmente con una forma de cúpula en un extremo. La forma de cúpula permitió el examen de la deposición sobre superficies curvas. Algunas de las piezas del almacén también se tornearon por la mitad para examinar el efecto de la línea de división sobre la deposición de titanio. Se cree que la experimentación en muestras de ensayo divididas es particularmente importante para el desarrollo futuro de estructuras de tipo monocasco.

Los resultados mostraron una deposición satisfactoria en el borde, con forma de cúpula y en las secciones medias de las muestras de ensayo. La investigación del ángulo de la boquilla de pulverización en frío mostró que un ángulo de chorro de 45 °, perpendicular al eje de la muestra de ensayo, mejoró el efecto de rellenado del depósito para las muestras con línea de división. Una mejora similar en el depósito de titanio que rellena la línea división se observó cuando la muestra se rotó a 200 rpm con un ángulo de chorro a 45 °.

La tabla 2 a continuación muestra los parámetros de pulverización en frío que se determinaron para la deposición sobre este tipo de sustrato.

1	Tipo de boquilla de pulverización en frío	boquilla tipo 27 TC, CGTA00027 (boquilla corta)
2	Temperatura del gas de pulverización en frío	680 °C
3	Presión del gas de pulverización en frío	28 bar (2,8 MPa)
4	Velocidad de alimentación del polvo	2 RPM sobre el disco de alimentación de polvo
5	* Gas vehículo alimentador de polvo	5 m ³ /h
6	Gas de deposición	Nitrógeno
7	Separación (distancia entre la salida de la boquilla y el almacén)	30-45 mm

Caracterización del titanio depositado

Para determinar la unión entre el titanio depositado y el almacén de aluminio subyacente, se usaron microscopía óptica y electrónica de barrido. Las observaciones de microscopía óptica mostraron una formación de unión satisfactoria entre el titanio y el aluminio sin la presencia de ninguna delimitación ni grietas (véase la Figura 2).

La microscopía electrónica de barrido de la superficie de contacto entre el titanio depositado por pulverización en frío y el aluminio reveló un interbloqueo satisfactorio entre el depósito de titanio y el sustrato que se debe al impacto supersónico de las partículas de titanio que penetran en la superficie de aluminio y que forman una unión fuerte con el sustrato de aluminio (véase la Figura 3).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para producir una estructura de carga de titanio o aleación de titanio, proceso que comprende la pulverización dinámica por gas frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte para formar la estructura de carga como una construcción unitaria evitando de este modo la necesidad de fabricar y unir componentes individuales, en el que la estructura de carga es un bastidor para una nave aeroespacial, una nave náutica, un vehículo motorizado, una bicicleta, una motocicleta, un escúter, una silla de ruedas, un ala delta o un equipaje, en el que la forma y la configuración del elemento de soporte refleja la forma prevista y la configuración de la estructura de carga que se ha de producir y en el que, después de que se ha completado la pulverización
- 10 dinámica por gas frío, el elemento de soporte se retira para producir la estructura de carga de titanio o aleación de titanio.
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que el elemento de soporte se retira por medios mecánicos o disolviéndose o fundiéndose.
- 20 3. El proceso de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el titanio o la aleación de titanio que se aplican mediante pulverización dinámica por gas frío es de una composición que varía a medida que transcurre la pulverización dinámica por gas frío con el fin de cumplir con los requisitos de carga específicos de la ubicación en la estructura de carga.
- 25 4. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el titanio o la aleación de titanio se depositan sobre el elemento de soporte con un espesor variable basado en los requisitos de carga específicos de la ubicación de la estructura de carga.
- 30 5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el titanio es titanio de pureza comercial.
- 35 6. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la aleación de titanio es una aleación de titanio, aluminio y vanadio.
7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de soporte se mueve con respecto a una boquilla de pulverización dinámica por gas frío que se usa para la pulverización dinámica por gas frío.
8. Una estructura de carga de titanio o aleación de titanio producida de acuerdo con el proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

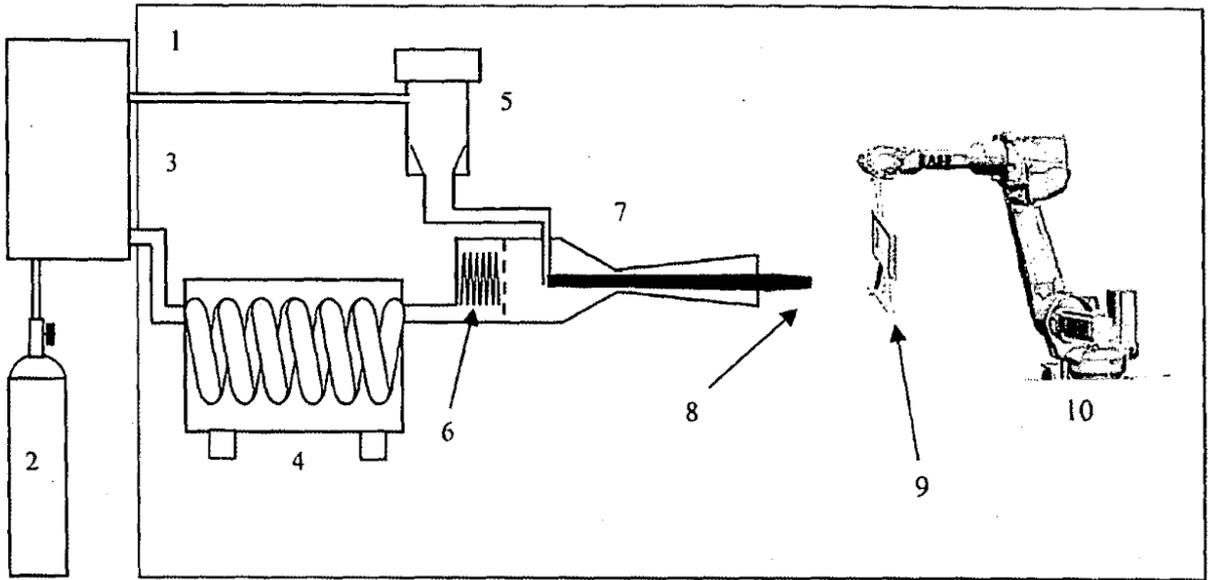


Figura 1

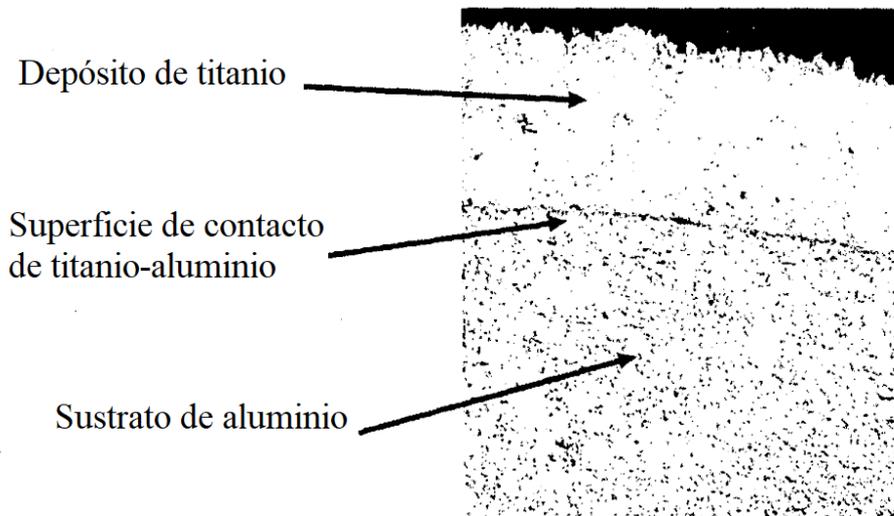


Figura 2

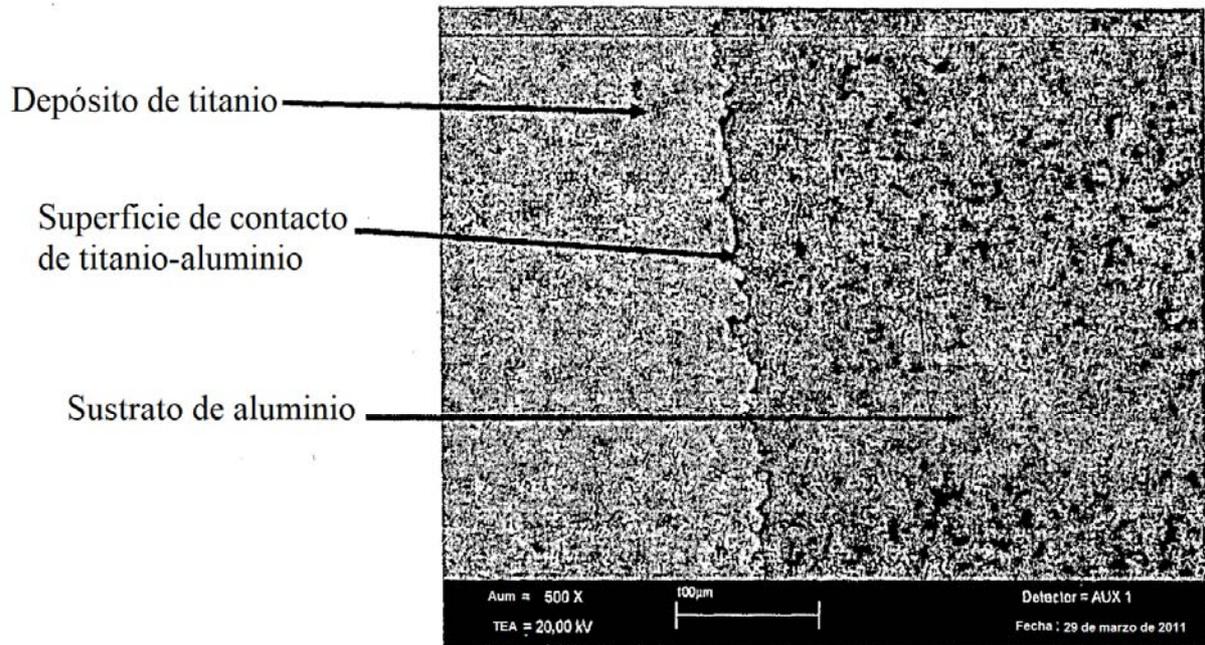


Figura 3