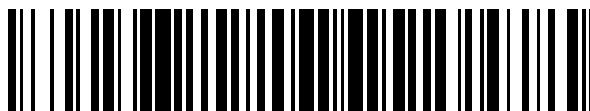


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 770**

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

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2013** **E 17163656 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018** **EP 3241925**

54 Título: **Un proceso para la producción de una estructura portante de carga de titanio**

30 Prioridad:

04.04.2012 AU 2012901345

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

04.07.2019

73 Titular/es:

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

Clunies Ross Street

Acton, Australian Capital Territory 2601, AU

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 718 770 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

Un proceso para la producción de una estructura portante de carga de titanio

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 alta relación de resistencia respecto a peso, alta rigidez y excelente resistencia a la corrosión. Por estas razones, resulta deseable usar tales materiales para producir estructuras portantes de carga, tales como bastidores de bicicletas. Los métodos de fabricación actuales para la producción de estructuras portantes de carga de titanio/aleación de titanio, tales como bastidores de bicicletas, implican típicamente la formación de componentes de bastidor tubulares individuales (mediante procesos de colada en vacío y deformación para producir el perfil de componente deseado), seguida del montaje y la soldadura de los diversos componentes para producir el bastidor. Ya que el titanio/las aleaciones de titanio tienen una alta afinidad con el oxígeno, el procesamiento a alta temperatura, tal como la soldadura, debe tener lugar en un entorno protector (reductor). En general, este enfoque convencional requiere mucho tiempo, energía y mano de obra y, por tanto, es costoso. 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 restricciones asociadas a las metodologías de fabricación convencionales impiden un uso más generalizado del titanio y las aleaciones de titanio.

25 En este contexto, resultaría deseable ofrecer un proceso para la fabricación de estructuras portantes de carga de titanio/aleación de titanio que no se viera afectado por estos problemas.

El documento EP 2336493 A2 desvela un método de fabricación de una pala de turbina que implica la colada de un esqueleto interno que tiene una pluralidad de nervios internos, que forman una pluralidad de canales de enfriamiento abiertos, la aplicación de un material de relleno a los canales de enfriamiento abiertos y la aplicación una pared exterior alrededor del esqueleto interno. El esqueleto interno y la pared exterior están fabricados de diferentes materiales de superaleaciones.

35 El documento WO 2009/109016 A1 desvela un proceso para la producción de tuberías, que comprende la pulverización dinámica de gas en frío de partículas sobre un mandril y, a continuación, la retirada del mandril.

Sumario de la invención

40 Por consiguiente, la presente invención proporciona un proceso para la producción de una estructura portante de carga de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización dinámica de gas en frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte para formar la estructura portante de carga como una construcción unitaria, evitando de este modo la necesidad de fabricar y unir entre sí componentes individuales, en el que la estructura portante de carga es un bastidor para un barco aeroespacial, un barco náutico, un vehículo a motor, una bicicleta, una motocicleta, una escúter a motor, una silla de ruedas, un ala delta o un equipaje, en el que la forma y configuración del elemento de soporte refleja la forma y configuración previstas de la estructura portante de carga a producir y en el que, después de haberse completado la pulverización dinámica de gas en frío, el elemento de soporte se retiene en localizaciones específicas y se retira de otras localizaciones de la estructura portante de carga.

50 La presente invención también proporciona una estructura portante de carga de titanio o aleación de titanio producida de acuerdo con la presente invención.

El proceso de la presente invención se puede aplicar para producir estructuras portantes de carga de titanio y estructuras portantes de carga de aleación de titanio.

55 A lo largo de toda la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones que siguen, a menos que el contexto requiera otra cosa, se entenderá que la palabra "comprenden" y variaciones, tales como "comprende" y "que comprende/n", implican la inclusión de un elemento integrante o etapa indicados o un grupo de elementos integrantes o etapas, pero no la exclusión de ningún otro elemento integrante o etapa o grupo de elementos integrantes o etapas.

60 La referencia en esta memoria descriptiva a cualquier publicación anterior (o información derivada de esta) o cualquier materia que se conozca, no es, y no debe tomarse como un reconocimiento o admisión o cualquier forma de sugerencia de, que tal publicación anterior (o información derivada de esta) o materia conocida forma parte del conocimiento general común en el campo de la actividad a la que se refiere esta memoria descriptiva.

Breve discusión de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se ilustran con referencia a los dibujos no limitantes adjuntos en los 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 bicicleta;
- la Figura 2 es una micrografía de titanio o aleación de titanio pulverizada en frío sobre un elemento de soporte de aluminio (grabado); y
- 10 la Figura 3 es una micrografía electrónica de barrido de la interfaz entre el titanio (aleación) y el aluminio.

Discusión detallada

- 15 El uso de la pulverización en frío de acuerdo con la presente invención permite que las partículas de titanio o aleación de titanio se depositen en el estado sólido y a una velocidad extremadamente alta sobre un elemento de soporte adecuado (también denominado en el presente documento "armazón"). De manera ventajosa, esto elimina muchas etapas intermedias del proceso de fabricación a alta temperatura que, de otra manera, podrían requerirse, tales como la fundición, la laminación y la soldadura de titanio o aleación de titanio. Tales etapas requieren, típicamente, un
- 20 entorno controlado para prevenir la oxidación de titanio o aleación de titanio. La eliminación de tales etapas del proceso también puede resultar beneficiosa en términos de consumo de energía y emisiones de carbono.

- El uso de la pulverización en frío de acuerdo con la presente invención también puede conducir a la reducción en la entrada de materiales, la eliminación del coste del molde y de la fundición y/o la reducción del retrabajo y el acabado de los productos de titanio o aleación de titanio. Por consiguiente, el uso de la pulverización en frío de acuerdo con la presente invención puede disminuir los costes de fabricación y potenciar la eficacia y la tasa de fabricación, con los correspondientes beneficios comerciales.
- 25

- La pulverización dinámica de gas en frío (pulverización en frío) es un proceso conocido que se ha usado para la aplicación de revestimientos a superficies. En términos generales, el proceso implica la alimentación de partículas (metálicas y/o no metálicas) a una corriente de flujo de gas a alta presión, que se hace pasar, a continuación, a través de una tobera convergente/divergente, que hace que la corriente de gas se acelere a velocidades supersónicas (normalmente por encima de 1.000 m/s), o la alimentación de partículas a una corriente de gas supersónica después de la garganta de la tobera. A continuación, las partículas se dirigen a una superficie a depositar. El proceso se lleva a cabo a temperaturas relativamente bajas, por debajo del punto de fundición del sustrato y las partículas a depositar, formándose un revestimiento como resultado del impacto de las partículas sobre la superficie del sustrato. El hecho de que el proceso tenga lugar a una temperatura relativamente baja permite que los efectos termodinámicos, térmicos y/o químicos, sobre la superficie que se reviste y las partículas que componen el revestimiento, se reduzcan o eviten. Esto significa que la estructura original y las propiedades de las partículas se pueden conservar sin transformaciones de fase, etc. que, de otra manera, podrían asociarse a procesos de revestimiento a alta temperatura, tales como la pulverización de plasma, HVOF, por arco, con llama de gas u otros procesos de pulverización térmica. Los principios subyacentes, los aparatos y la metodología de pulverización en frío se describen, por ejemplo, en el documento US 5.302.414.
- 30
- 35
- 40

- 45 El uso de la pulverización en frío en el contexto de la presente invención permite que la producción de estructuras portantes de carga de titanio o aleación de titanio se simplifique en gran medida y sea más económica. En el proceso de la presente invención, se usa la pulverización dinámica de gas en frío 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 entre sí 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 los componentes de titanio o aleación de titanio entre sí. El proceso de la invención se puede considerar como un proceso para la producción de una estructura portante de carga que, de otra manera (es decir, de manera convencional), se habría producido mediante la soldadura entre sí de los componentes de estructura individuales. Dicho de otra manera, la estructura portante de carga producida de acuerdo con la invención se forma como una construcción unitaria en lugar de haberse montado mediante la
- 50 fabricación y la unión entre sí de los diversos componentes.
- 55

- El proceso de la invención se usa para producir una estructura portante de carga y, al hacerlo, busca apoyarse en las propiedades de material deseables del titanio o aleación de titanio mencionadas anteriormente. La expresión "estructura portante de carga" se usa para indicar una estructura, cuya función es portar una carga. La estructura portante de carga se encuentra en forma de bastidor, que es una estructura básica sobre la que se colocan otros componentes. El bastidor es para un barco aeroespacial o un barco náutico o un vehículo a motor, o un bastidor para una bicicleta, una motocicleta, una escúter a motor, una silla de ruedas, un ala delta o un equipaje. Se cree que la presente invención es particularmente muy apta para la fabricación de bastidores de bicicletas y motocicletas.
- 60

- 65 La estructura portante 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 se puede aplicar para producir el bastidor principal.

En el proceso de la presente invención, se usa la pulverización en frío para depositar y construir una capa de titanio o aleación de titanio sobre la superficie de un elemento de soporte. La forma y configuración del elemento de soporte reflejarán la forma prevista de la estructura portante de carga a producir. En este sentido, el elemento de soporte se puede considerar como un armazón o esqueleto.

5 El material usado para el elemento de soporte debe ser uno que no se deforme cuando se pulverice en frío el titanio o la aleación de titanio sobre el mismo. Después de todo, el elemento de soporte proporciona una base sobre la que se deposita el titanio o la 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
10 y/o la facilidad con la que se puede producir el propio elemento de soporte pueden influir en la selección del material para el elemento de soporte. El elemento de soporte puede estar formado por componentes individuales que se unen entre sí o puede ser una estructura unitaria, por ejemplo, una estructura moldeada.

15 Después de haberse completado la pulverización dinámica de gas en frío, el elemento de soporte se retiene en localizaciones específicas y se retira de otras localizaciones dentro de la estructura de titanio o aleación de titanio que se ha producido. Por ejemplo, se puede desear retener el elemento de soporte en regiones de la estructura que, en uso, experimentarán una alta carga y retirar el elemento de soporte de las regiones de menor carga. De esta manera, resulta posible adaptar las propiedades de la estructura portante de carga aún más, al tiempo que se reduce el peso.

20 Dependiendo de la complejidad del diseño el acceso al mismo, el elemento de soporte se puede retirar mediante una diversidad de métodos. Por ejemplo, el elemento de soporte se puede retirar mediante medios mecánicos. Esto puede implicar la rotura o la mecanización aparte del elemento de soporte. En caso de rotura del elemento de soporte, el elemento de soporte se puede formar a partir de un material (tal como una cerámica) que sea, de manera adecuada, rígido y resistente a la temperatura para permitir la formación de la estructura portante de carga sobre una superficie
25 del elemento de soporte, pero que sea, de manera adecuada, frágil para permitir que el elemento de soporte se rompa y se retire cuando se requiera la separación del elemento de soporte y la estructura.

La separación del titanio y el elemento de soporte también se puede lograr basándose en las diferencias en los coeficientes de expansión térmica entre el titanio y el elemento de soporte. En este caso, se puede lograr la separación
30 de la estructura del elemento de soporte mediante el calentamiento o el enfriamiento de la estructura de titanio y el elemento de soporte.

El espesor de la estructura de titanio o aleación de titanio formada mediante pulverización en frío debe ser adecuado para satisfacer los requisitos estructurales en aquellas regiones en las que se ha retirado el elemento de soporte. Por tanto, el espesor del titanio o la aleación de titanio estará controlado por la aplicación. A modo de ejemplo, en un bastidor de bicicleta, el espesor del titanio o la aleación de titanio puede variar de 1-5 mm.

Como alternativa adicional, el elemento de soporte se puede retirar mediante su disolución o fundición. Por ejemplo, si el material de soporte es aluminio, este se puede retirar mediante la disolución en hidróxido de sodio. Por supuesto, cualquiera que sea el enfoque usado para la retirada del elemento de soporte, esto no debería afectar negativamente a la estructura de titanio o aleación de titanio que se ha producido.

El material del elemento de soporte se puede escoger basándose en las propiedades con las que el elemento de soporte contribuirá a la estructura portante de carga. De manera adicional o como alternativa, las regiones del elemento de soporte pueden variar en cuanto al espesor y/o el diseño en función de la posición que aquellas regiones ocuparán en la estructura portante de carga que se produce. De manera adicional o como alternativa, las regiones del elemento de soporte pueden estar fabricadas de diferentes materiales en función de la posición que aquellas regiones ocuparán en la estructura portante de carga que se produce. A partir de esto se apreciará que el proceso de la invención proporciona una flexibilidad significativa de diseño y de resultados. En particular, se pueden producir formas más complejas de la estructura de titanio o aleación de titanio que con las tecnologías actuales.

La superficie del elemento de soporte a revestir con partículas influirá en las características de la superficie correspondiente de la estructura que se produce. Preferentemente, la superficie del elemento de soporte a revestir es suave y está libre de defectos.

55 Otra ventaja posible de la presente invención es que la composición que se aplica mediante pulverización en frío puede variar a medida que avanza la pulverización en frío y esto puede proporcionar flexibilidad en términos de características del producto. Por ejemplo, puede resultar deseable variar la calidad de titanio (o tipo de aleación de titanio) usada con el fin de cumplir con los requisitos de porte de carga específicos de la localización en la estructura que se produce.
60 Las regiones que son menos sensibles a la carga se pueden formar a partir de materiales de calidad inferior (o calidad inferior) y, por tanto, más baratos.

En otra realización, el espesor del titanio o aleación de titanio que se deposita 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 altas cargas pueden fabricarse más espesas que las regiones que probablemente encuentren cargas más bajas. Por supuesto, si la estructura ha de producirse usando múltiples materiales, entonces

debe considerarse la compatibilidad de los diferentes materiales. En caso de que dos o más de los materiales propuestos sean incompatibles de alguna manera (por ejemplo, la consistencia/unión), puede resultar necesario separar los materiales incompatibles en una o más regiones de material/es compatible/s entre sí.

5 El tamaño promedio de las partículas de titanio o aleación de titanio que se pulverizan en frío es probable que influya en la densidad de la deposición resultante sobre el elemento de soporte. Preferentemente, la deposición es densa y está libre de defectos, microhuecos conectados (fugas) y similares, puesto que la presencia de los mismos puede ser perjudicial para la calidad. Típicamente, el tamaño de las partículas aplicadas mediante pulverización en frío es de 5 a 40 micrómetros con un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 25 micrómetros. Un experto en la materia
10 será capaz de determinar el tamaño de partícula o la distribución de tamaño de partícula óptimos para usar basándose en la morfología del polvo y las características de la estructura que ha de formarse. En general, el espesor de la capa de titanio o aleación de titanio se desarrollará de forma gradual durante el proceso de pulverización en frío.

15 Las partículas adecuadas para su uso en la presente invención están disponibles en el mercado. Las calidades útiles de titanio incluyen titanio de pureza comercial, en especial, la calidad 2 y 3. Las aleaciones de titanio útiles están disponibles en el mercado e incluyen aleaciones de titanio, aluminio y vanadio, tales como Titanio 64 (6 % de aluminio, 4 % de vanadio).

20 El aparato de pulverización en frío usado para la implementación del método de la presente invención es probable que sea de forma convencional y tal equipo está disponible en el mercado o se construye de manera individual. En términos generales, la base del equipo usado para la pulverización en frío será tal como se describe e ilustra en el documento US 5.302.414. Tal aparato de pulverización en frío se puede combinar con el equipo para la sujeción y la manipulación del elemento de soporte, según se requiera. Se pueden usar múltiples toberas en paralelo para la pulverización en frío.

25 Después de haberse completado la pulverización en frío, se le puede dar a la estructura que se ha producido un acabado en superficie, por ejemplo, se puede triturar, mecanizar o pulir de acuerdo con las especificaciones del usuario final. Resulta posible que otros componentes o partes se fijen a la estructura, tales como sujeciones y similares, y esto se puede realizar de manera convencional. Dicho esto, resulta posible que la pulverización en frío se pueda usar para
30 formar sujeciones y similares como parte integral de la estructura.

La presente invención puede tener una utilidad particular en la producción de bastidores de bicicletas o motocicletas. La invención se puede aplicar a la fabricación de un bastidor directamente a partir de polvo de titanio o aleación de titanio mediante la deposición de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado
35 de manera adecuada. Mediante la utilización de la tecnología de pulverización en frío de acuerdo con la presente invención, las partículas de titanio o aleación de titanio a velocidades muy por encima de las velocidades supersónicas impactan sobre el elemento de soporte para formar un enlace metalúrgico y se depositan sobre la superficie para formar una cubierta de titanio sin costura o aleación de titanio, creando una estructura monocasco sobre el elemento de soporte. La fundición no está implicada en este proceso, lo que proporciona un ahorro de coste significativo para
40 la implementación de un entorno protector para la fabricación de titanio o aleación de titanio. Se puede lograr la deposición rápida del material debido a la deposición extremadamente rápida de las partículas, lo que hace que el proceso sea rentable en cuanto al coste y menos laborioso. De hecho, el proceso tiene potencial para automatizarse por completo.

45 Se apreciará que la presente invención se puede implementar en una diversidad de realizaciones que incluyen aquellas enumeradas más adelante. Se apreciará que se pueden combinar determinadas realizaciones, mientras que otras son evidentemente exclusivas entre sí.

• Una ventaja importante de la presente invención es que permite que se produzcan estructuras portantes de carga que, de otra manera, necesitarían la soldadura de los componentes individuales entre sí. Tal como se ha explicado
50 anteriormente, la soldadura de los componentes de titanio o aleación de titanio tiene restricciones prácticas asociadas. De manera ventajosa, la presente invención proporciona un proceso para la producción de una estructura portante de carga de titanio o aleación de titanio que evita la necesidad de soldar entre sí los componentes individuales, que comprende la pulverización dinámica de gas en frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado de manera adecuada. De acuerdo con la invención, la estructura portante de carga se forma como una construcción unitaria en lugar de montarse a partir de componentes individuales.

• De acuerdo con la invención, después de la formación de la estructura portante de carga, se retiene una parte del
60 elemento de soporte. En este caso, el elemento de soporte se puede emplear para conferir propiedades beneficiosas a la estructura o a una parte de la estructura, tales como una rigidez y resistencia potenciadas. En esta realización, el producto final del proceso es una estructura compuesta, que comprende titanio o aleación de titanio y el elemento de soporte. En este caso, la presente invención proporciona un proceso para la producción de una estructura portante de carga compuesta de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización
65 dinámica de gas en frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado de

manera adecuada. Se puede preferir el aluminio o la aleación de aluminio como material para el elemento de soporte.

- 5 • La estructura portante de carga puede ser de diseño monocasco. Esto puede proporcionar una reducción de peso y ahorro en el consumo de los materiales. En esta realización, la presente invención proporciona un proceso para la producción de una estructura portante de carga de titanio de diseño monocasco, que comprende la pulverización dinámica de gas en frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado de manera adecuada.
 - 10 • La presente invención puede tener una utilidad particular en la fabricación de un bastidor de bicicleta o motocicleta. Por consiguiente, la presente invención proporciona un proceso para la producción de un bastidor de bicicleta o motocicleta de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización dinámica de gas en frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte conformado de manera adecuada. Al menos parte del elemento de soporte se retiene después de la pulverización en frío, produciendo de este modo una estructura
 - 15 compuesta. El elemento de soporte puede contribuir a las propiedades finales del bastidor. Preferentemente, el elemento de soporte se forma a partir de aluminio o una aleación de aluminio. En comparación con la fabricación convencional de bastidores de bicicleta o motocicleta de titanio o aleación de titanio, la invención proporciona las siguientes ventajas:
 - 20 • el bastidor de titanio o aleación de titanio se fabrica directamente a partir de polvo de titanio o aleación de titanio. En métodos de fabricación convencionales, el titanio o la aleación de titanio se fabrica a través de la colada (en un entorno protector) 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 fundición, la fabricación de perfiles y la unión de las partes de titanio o aleación de titanio. Tales etapas convencionales tienden a ser laboriosas y requieren mucho tiempo.
 - 25 • Ahorro de peso y resistencia a la corrosión. La densidad del titanio ($4,6 \text{ g/cm}^3$) es casi la mitad de la de los aceros ($7,8 \text{ g/cm}^3$). Esta densidad inferior proporciona un mejor ahorro de peso. Una resistencia a la corrosión superior del titanio también elimina cualquier procesamiento adicional para proporcionar protección a la superficie.
 - 30 • El proceso de la invención es un proceso rápido y de bajo coste con capacidad de proceso de fabricación altamente automatizada.
 - 35 • Flexibilidad en la fabricación de formas complicadas y, por tanto, grandes posibilidades de diseño y desarrollo de nuevos productos.
 - 40 • Proceso ecológico. La presente invención elimina los procesos de fundición y unión en el ciclo de fabricación, disminuyendo de este modo la huella de carbono del proceso de fabricación. Esto también evita el uso de materiales volátiles, tal como se usan en la construcción compuesta polimérica.
- La presente invención puede tener un valor particular en la producción de bastidores de bicicletas. Tales bastidores tienden a tener una forma compleja y se forman, típicamente, mediante la soldadura de los elementos de bastidor individuales entre sí. Por lo tanto, la presente invención representa un enfoque de fabricación alternativo atractivo.
- 45 A continuación, se discuten las etapas de proceso y las consideraciones prácticas en el contexto de la producción de un bastidor de bicicleta usando el proceso de la presente invención. Sin embargo, se apreciará que estas etapas de proceso y consideraciones prácticas tendrán relevancia en la producción de otros tipos de estructuras portantes de carga.
- 50 La forma compleja de un bastidor de bicicleta puede requerir la examinación de la configuración de la tobera para una exitosa deposición y desarrollo de un sistema de fabricación (directa) de pulverización en frío. En este sentido, una consideración de fabricación importante es el modo en el que se puede colocar y desplazar posiblemente la tobera, de tal manera que se puedan formar ángulos complejos del bastidor.
- 55 En este caso, puede resultar adecuado emplear una plataforma desplazable (por ejemplo, rotable) a la que se pueda fijar el armazón. El desplazamiento de la plataforma se puede controlar usando un sistema informático programable. Los parámetros de funcionamiento de la pulverización en frío también pueden variar con el fin de optimizar la deposición sobre el armazón.
- 60 Puede resultar adecuado fijar la tobera de pulverización en frío a un brazo de robot que se pueda desplazar con control por ordenador. Sin embargo, en este caso, se debe tener cuidado para evitar o limitar el desgaste y el desgarro en la manguera/s de gas y/o los cables de alimentación conectados asociados al equipo de pulverización en frío, ya que esto puede causar la formación de grietas y problemas de seguridad concomitantes. En vista de esto, puede resultar preferible mantener la tobera de pulverización en frío estacionaria y desplazar el armazón con respecto a la tobera.
- 65 Por lo tanto, el armazón se puede fijar a un brazo de robot que se pueda desplazar con control por ordenador.

La implementación de la invención también puede implicar la optimización del diseño con respecto a la estimación del porte de carga, el peso y el coste del producto final. Por ejemplo, el software Autodesk se puede usar para desarrollar modelos de CAD/CAM para estimar la distribución de la tensión y la deformación del material de armazón. Después de la deposición de titanio o aleación de titanio, se pueden medir y/o modelar las propiedades mecánicas relevantes del producto. A partir de tal trabajo, se puede desarrollar un modelo que proporcione la capacidad de estimar el peso del producto y la capacidad de porte de carga en función del espesor del armazón y el espesor del depósito de titanio o aleación de titanio.

Se puede usar un sistema de robot avanzado que proporcione los movimientos sofisticados necesarios para lograr la pulverización en frío adecuada de un armazón. El robot puede usar un software especial para demostrar el desarrollo y la ejecución del programa de robot en un mundo virtual. La transferencia y ejecución del programa desarrollado del mundo virtual a las condiciones de deposición reales se pueden aplicar para demostrar una vía exitosa que es extremadamente rentable en relación con el tiempo requerido para el proceso de fabricación directa, el tiempo de inactividad para el equipo de pulverización en frío y el personal requerido. Un ejemplo de un enfoque exitoso se proporciona a continuación.

Programa de robot virtual para armazones de tamaño inferior

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

Desarrollo de un algoritmo avanzado

La forma sofisticada de un armazón con muchas uniones y ángulos requería un programa de robot sofisticado con un número considerable de dianas (deposición) (>4.000) y vías para una deposición exitosa. La programación de este gran número de dianas es extremadamente desafiante y requiere mucho tiempo. A fin de superar esto, se puede desarrollar un algoritmo avanzado dentro del software para disminuir de manera considerable el número de dianas requerido para que el desarrollador programe. En este algoritmo, cada parte del armazón se considera como un módulo con 16 dianas principales que se programan por parte del desarrollador y las dianas adicionales se crean por parte del algoritmo. Este enfoque ahorra una cantidad de tiempo considerable para la programación. En general, las dianas dentro del algoritmo tienen que satisfacer las siguientes condiciones.

1. Estar dentro del alcance del brazo de robot, en relación con la salida de la tobera de pulverización en frío.
2. Estar optimizadas para la deposición de titanio o aleación de titanio (ángulo y distancia de la tobera de pulverización en frío).
3. No colisionar con la tobera de pulverización en frío ni otros objetos en la proximidad del brazo de robot.

La fase final del desarrollo de este tipo de sistema de fabricación directa es examinar el programa de robot virtual en condiciones de laboratorio reales. El desplazamiento de robot de alta precisión se puede someter a ensayo mediante la exposición de un armazón de tamaño inferior a un chorro supersónico de partículas de titanio o aleación de titanio pulverizadas en frío. La predicción del comportamiento del chorro supersónico puede ser un desafío 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 ejecución de un programa virtual en condiciones reales.

Parámetros de robot

En cuanto a una fabricación directa rentable de acuerdo con la invención, la velocidad de robot se puede aumentar para lograr una producción más rápida. Sin embargo, se ha hallado que el efecto principal de la velocidad lineal de robot aumentada sobre la deposición de titanio o aleación de titanio fue una disminución en el espesor del depósito de titanio o aleación de titanio. Este efecto de afinamiento se puede compensar con el aumento de la tasa de alimentación del sistema de pulverización en frío (salida de polvo). La velocidad lineal de robot no tiene un efecto significativo sobre la eficacia de la deposición de titanio o aleación de titanio debido a la velocidad de partículas extremadamente rápida implicada (>1.000 m/s). Esto es casi 4 órdenes de magnitud más rápido que la velocidad de robot típica. Esto presenta una ventaja única para que la tecnología de pulverización en frío logre un proceso de fabricación directa consistente 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 superficie

La calidad de superficie/el acabado de superficie del producto pulverizado en frío puede resultar importante para la comercialización del producto. Se puede lograr una diversidad de acabados de superficie, incluyendo el acabado de espejo, el anodizado de diferentes colores y otras superficies reflectantes impulsadas por el mercado. Se puede lograr una superficie altamente reflectante mediante el pulido adecuado del titanio o aleación de titanio depositados.

5 *Programa de robot virtual para armazones de tamaño completo*

A fin de lograr la fabricación directa de un armazón de tamaño completo se requerirá:

- 10 1. El logro del alcance del brazo de robot completo para dianas programadas; y
2. La prevención de incidentes y colisiones cercanos del armazón grande con el equipo de tobera de pulverización en frío y otros objetos en la proximidad durante la ejecución del programa.

15 La posición de la tobera de pulverización se puede optimizar para un armazón de tamaño completo después del posicionamiento de las simulaciones para lograr el mejor alcance del brazo de robot para todos los componentes del armazón. Se puede definir una posición de "inicio" para llevar el armazón a su posición original después de la ejecución de cada módulo de programa. Para una producción rápida, se puede dividir un armazón en partes, por ejemplo, dos mitades, tales como una mitad frontal y de espejo. Cada parte tiene entonces su propio módulo para la programación de las dianas.

20 Además de esto, se puede requerir un módulo de calibración para ajustar la tobera con relación al brazo de robot y el armazón en condiciones de deposición reales. Esto resulta importante con el fin de garantizar que el armazón y la tobera estén exactamente en las mismas posiciones en el espacio que se simula en el programa virtual. Se puede desarrollar una serie de módulos en el programa virtual para depositar el titanio o la aleación de titanio sobre toda la estructura de armazón. La clave para el éxito de la programación virtual es lograr el alcance del brazo de robot para todas las dianas, sin ningún incidente ni colisión cercanos para las dianas individuales.

25 *Fabricación exitosa de un bastidor de bicicleta de titanio o aleación de titanio de tamaño completo*

30 La primera etapa para la deposición de titanio o aleación de titanio sobre un armazón adecuado implica la calibración del sistema de fabricación para lograr posiciones precisas para el armazón y la tobera de pulverización en frío en el espacio, según las simulaciones en la estación virtual de robot. Esto es extremadamente importante debido al hecho de que si la tobera y el armazón están fuera de la alineación, casi todas las dianas programadas en el programa virtual estarían fuera de posición en condiciones de deposición reales. Esto podría conducir a una falta de deposición sobre determinadas áreas y, quizás, a colisiones del armazón con la tobera. Se puede diseñar un proceso de calibración para superar estos desafíos.

35 *Calibración del armazón con respecto a la tobera de pulverización en frío*

40 El posicionamiento preciso del armazón con respecto a la tobera de pulverización en frío fue importante debido al requisito de que las coordenadas de las dianas, en condiciones de deposición reales, se parezcan a la estación virtual de robot. A fin de lograr tal precisión, el armazón tenía que posicionarse con precisión con respecto al brazo de robot y al soporte del armazón. Se puede diseñar un eje para fijar el armazón a un brazo de robot con un pasador para mantener el armazón en posición. De manera deseable, la calibración propuesta está completamente automatizada, ajustando de manera automática el armazón su posición con respecto al brazo de robot.

45 Se puede desarrollar un programa de calibración para examinar el posicionamiento preciso del armazón con respecto a la boquilla de tobera. En este programa, resulta posible la calibración angular del armazón con respecto a la boquilla de tobera de pulverización en frío. Este proceso de calibración para la fabricación se desarrolla principalmente para lograr un posicionamiento lineal y angular preciso. Esto resulta particularmente esencial para el desarrollo futuro de armazones de nuevo diseño con potencial para un sistema de calibración completamente automatizado.

50 *Deposición de titanio o aleación de titanio*

55 La siguiente etapa después de la calibración del sistema de fabricación y la alineación de la tobera de pulverización en frío y el armazón es la deposición de titanio o aleación de titanio. La ejecución de un programa de robot desarrollado ha conducido a la producción exitosa 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. Los siguientes datos se proporcionan a modo de ilustración y no deben considerarse limitantes.

60 Un armazón de aluminio, con la forma deseada de un bastidor de bicicleta, se construyó mediante la unión (soldadura) de tubos 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 unos 45 minutos. Este tiempo podría reducirse con tasas de alimentación de titanio más rápidas y velocidades de robot más altas. De manera notable, esto se compara con un tiempo de producción de aproximadamente 2 días usando procesos de soldadura tradicionales.

El depósito de titanio de pulverización en frío se encuentra en forma de cubierta alrededor del armazón. Esta estructura única no implicaba ninguna unión ni soldadura. Se cree que esto representa un cambio de paradigma en la forma en que se fabrican tales estructuras complicadas.

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

Sin embargo, resulta igualmente posible que la estructura de armazón se pueda mantener como parte del bastidor de bicicleta de titanio para explotar propiedades combinadas de manera única de titanio y aluminio en una estructura compuesta de baja densidad.

El titanio y las aleaciones de titanio contribuyen con una serie de propiedades deseables, incluyendo la resistencia, la ligereza y la durabilidad. Tales propiedades resultan muy beneficiosas en una bicicleta de alto rendimiento. De acuerdo con la presente realización, también puede resultar posible producir bastidores de bicicleta para un uso más "convencional". En tales casos, se puede lograr un peso ligero usando una combinación de un armazón de aluminio (densidad de 2,6 g/cm³) y una cubierta/capa externa de titanio pulverizada en frío (densidad de 4,6 g/cm³). Esto se debe comparar con un acero típico que tiene una densidad de aproximadamente 7 g/cm³. El coste del bastidor se puede controlar mediante la variación de la relación del aluminio respecto al titanio usada. El bastidor resultante seguirá siendo menos voluminoso que un bastidor de todo aluminio que debe usar una masa para compensar la resistencia relativamente baja del aluminio (en comparación con la resistencia del titanio).

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

Ejemplos

Ejemplo 1

Materiales y métodos del sistema de pulverización en frío

Un esquema del sistema de pulverización en frío que se puede usar para depositar polvo de titanio o aleación de titanio sobre un armazón conformado de manera adecuada se muestra en la Figura 1.

Leyendas de la Figura 1:

- 1 Recinto
- 2 Fuente de gas (típicamente, 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 Tobera de Laval
- 8 Chorro supersónico de partículas de titanio
- 9 Armazón
- 10 Robot

El gas de nitrógeno, helio o una mezcla de los mismos a alta presión se hace pasar a través de un sistema de calentamiento y una tobera convergente/divergente. La expansión rápida del gas en la salida de tobera conduce a la aceleración del gas a velocidades muy por encima de las supersónicas y una disminución significativa en cuanto a la temperatura del gas. La inyección del polvo de titanio en la corriente de gas de pulverización en frío da como resultado una aceleración de las partículas a velocidad supersónica. Esto da como resultado que las partículas de titanio o aleación de titanio logren la energía cinética requerida para la deposición de pulverización en frío y la unión con el armazón.

La Tabla 1, a continuación, muestra los parámetros optimizados para una deposición exitosa de titanio de pulverización en frío sobre un armazón de aluminio. Vale la pena señalar que la deposición exitosa se puede lograr usando un intervalo de parámetros operativos. Esto se debe a que la variación de la temperatura y la presión del gas pueden crear, cada una, condiciones que conducen a una velocidad crítica para la deposición de partículas de titanio o aleación de titanio. Además, la aceleración por encima de esta velocidad crítica contribuye a la densificación del depósito de titanio o aleación de titanio y a un cambio en las propiedades mecánicas del revestimiento producido.

La Tabla 1 muestra los intervalos de parámetros de pulverización en frío que se han hallado que son útiles para la deposición exitosa de un polvo de titanio de calidad 2 sobre un armazón de aluminio de acuerdo con la presente invención.

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

Robot

5 Se usa un robot para manipular el armazón en frente de la tobera de pulverización en frío. El desplazamiento del armazón se controla de manera muy precisa mediante un brazo de robot controlado por ordenador que se programa para seguir una trayectoria programada a una velocidad definida.

Armazón

10 El armazón es una estructura fina (0,5 mm o más de espesor) sobre la que se puede depositar el aluminio o la aleación de aluminio. De esta manera, el aluminio o la aleación de aluminio forma una cubierta sin costura sobre el armazón. En la presente invención, se usa preferentemente aluminio como material de armazón debido a su ligero peso, densidad (2,7 g/cm³) y precio asequible. Sin embargo, en principio, cualquier material sobre el que se pueda depositar titanio o aleación de titanio usando pulverización en frío se podría usar para el armazón.

15 *Ejemplo 2*

Tal como se ha indicado anteriormente, se cree que la presente invención tiene una utilidad particular en la fabricación de bastidores de bicicleta. Este ejemplo detalla las etapas y los procesos implicados en la fabricación de tal bastidor. Sin embargo, se debe apreciar que las etapas y los procesos descritos se pueden aplicar para producir otros productos de acuerdo con la presente invención.

Optimización del proceso de deposición

25 A fin de optimizar el proceso de deposición de titanio o aleación de titanio, se diseñaron una serie de experimentos para determinar los parámetros de pulverización en frío críticos. Las partículas de titanio o aleación de titanio se aplicaron mediante pulverización en frío a un armazón de aluminio sin alear (de tipo 1100) para producir una estructura de bastidor de bicicleta de titanio o aleación de titanio.

30 La deposición se realizó sobre muestras con forma de tubo particularmente diseñadas con una forma de cúpula en un extremo. La forma de cúpula permitió la examinación de la deposición sobre superficies curvadas. Algunas de las piezas de armazón también se mecanizaron por la mitad para examinar el efecto de la línea dividida sobre la deposición de titanio o aleación de titanio. Se cree que la experimentación sobre muestras para ensayo divididas resulta particularmente importante para el desarrollo futuro de estructuras de tipo monocasco.

35 Los resultados mostraron una deposición exitosa sobre el borde, con forma de cúpula, y las secciones intermedias de las muestras para ensayo. La investigación del ángulo de la tobera de pulverización en frío mostró que un ángulo de chorro de 45°, perpendicular al eje de la muestra para ensayo, mejoró el efecto de relleno del depósito en las muestras con línea dividida. Se observó una mejora similar en el depósito de titanio o aleación de titanio que rellenaba la línea dividida cuando la muestra se rotaba a 200 rpm con un ángulo de chorro a 45°.

40 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 tobera de pulverización en frío	Tobera CGTA00027, de tipo 27 TC (tobera corta)
2	Temperatura de gas de pulverización en frío	680 °C
3	Presión de gas de pulverización en frío	2.800 kPa (28 bar)
4	Tasa de alimentación de polvo	2 rpm sobre el disco alimentador de polvo
5	*Gas portador de alimentador de polvo	5 m ³ /h
6	Gas de deposición	Nitrógeno

7 Almacén (distancia de la salida de tobera y el almacén) 30-45 mm

Caracterización de titanio o aleación de titanio depositados

5 A fin de determinar la unión entre el titanio o la aleación de titanio depositados y el almacén de aluminio subyacente, se usaron microscopía óptica y electrónica de barrido. Las observaciones de microscopía óptica mostraron una formación de unión exitosa entre el titanio o la aleación de titanio y el aluminio sin la presencia de ninguna delimitación ni grietas (véase la Figura 2).

10 La microscopía electrónica de barrido de la interfaz entre el aluminio y el titanio o la aleación de titanio depositados por pulverización en frío reveló un entrelazado exitoso entre el depósito de titanio o aleación de titanio y el sustrato que se debe al impacto supersónico de las partículas de titanio o aleación de titanio que penetran en la superficie de aluminio y forman una unión fuerte con el sustrato de aluminio (véase la Figura 3).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para la producción de una estructura portante de carga de titanio o aleación de titanio, que comprende la pulverización dinámica de gas en frío de partículas de titanio o aleación de titanio sobre un elemento de soporte para formar la estructura portante de carga como una construcción unitaria, evitando de este modo la necesidad de fabricar y unir entre sí componentes individuales, en el que la estructura portante de carga es un bastidor para un barco aeroespacial, un barco náutico, un vehículo a motor, una bicicleta, una motocicleta, una escúter a motor, una silla de ruedas, un ala delta o un equipaje, en el que la forma y configuración del elemento de soporte refleja la forma y configuración previstas de la estructura portante de carga a producir y en el que, después de haberse completado la pulverización dinámica de gas en frío, el elemento de soporte se retiene en localizaciones específicas y se retira de otras localizaciones de la estructura portante de carga.
- 10 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que el elemento de soporte se retiene en regiones de la estructura portante de carga que, en uso, experimentarán una carga relativamente alta y se retira de regiones de la estructura portante de carga que, en uso, experimentarán una carga relativamente baja.
- 15 3. El proceso de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el elemento de soporte se forma a partir de un material que se ha escogido basándose en las propiedades con las que el elemento de soporte contribuirá a la estructura portante de carga.
- 20 4. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las regiones del elemento de soporte varían en cuanto al espesor y/o el diseño basándose en la posición que aquellas regiones ocuparán en la estructura portante de carga que se produce.
- 25 5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las regiones del elemento de soporte están fabricadas de diferentes materiales basándose en la posición que aquellas regiones ocuparán en la estructura portante de carga que se produce.
- 30 6. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el titanio o la aleación de titanio que se aplica mediante pulverización dinámica de gas en frío es de una composición que varía a medida que avanza la pulverización dinámica de gas en frío con el fin de cumplir con los requisitos de porte de carga específicos de la localización en la estructura portante de carga.
- 35 7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el titanio o la aleación de titanio se deposita sobre el elemento de soporte con espesor variable basándose en los requisitos de carga específicos de la localización de la estructura portante de carga.
- 40 8. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el titanio es un titanio de pureza comercial.
- 45 9. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la aleación de titanio es una aleación de titanio, aluminio y vanadio.
- 50 10. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de soporte se desplaza con respecto a una tobera de pulverización dinámica de gas en frío que se usa para la pulverización dinámica de gas en frío.
11. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el bastidor es un bastidor de bicicleta.
12. El proceso de la reivindicación 11, en el que el elemento de soporte se forma a partir de aluminio o una aleación de aluminio.
13. Una estructura portante de carga de titanio o aleación de titanio producida de acuerdo con el proceso de la reivindicación 1.

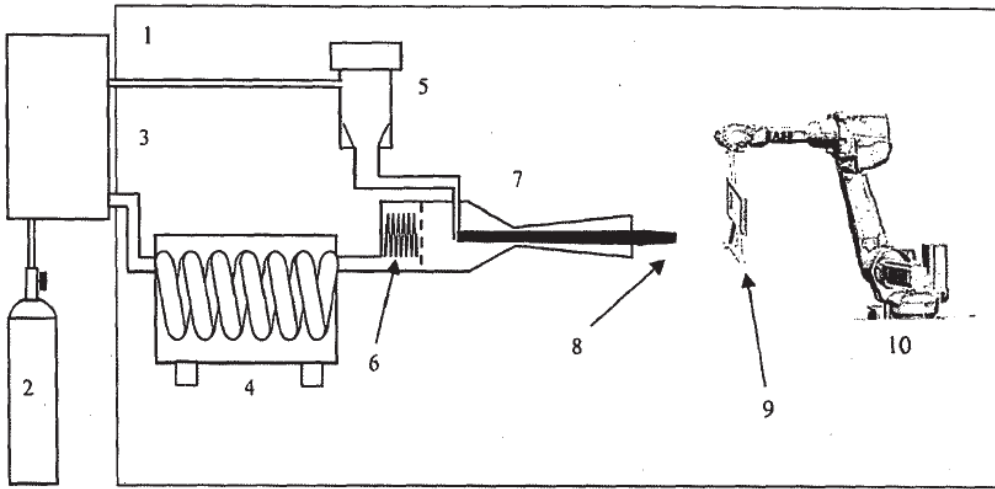


Figura 1

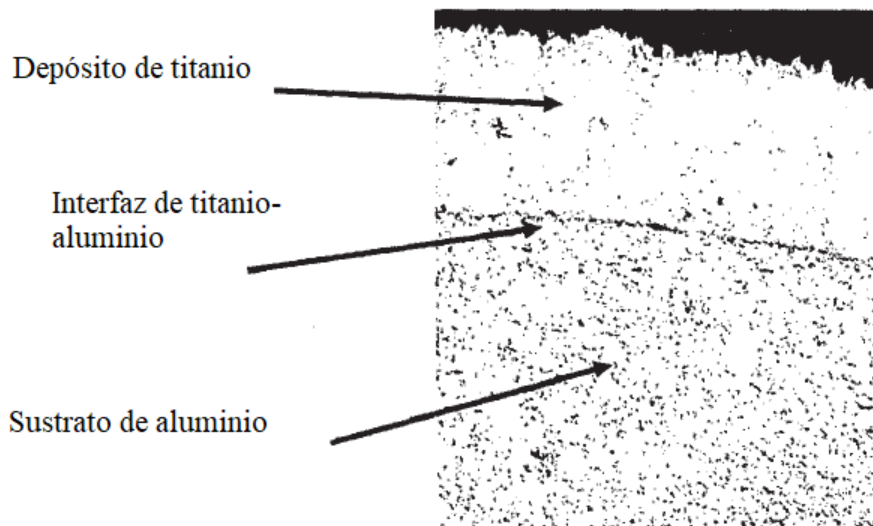


Figura 2

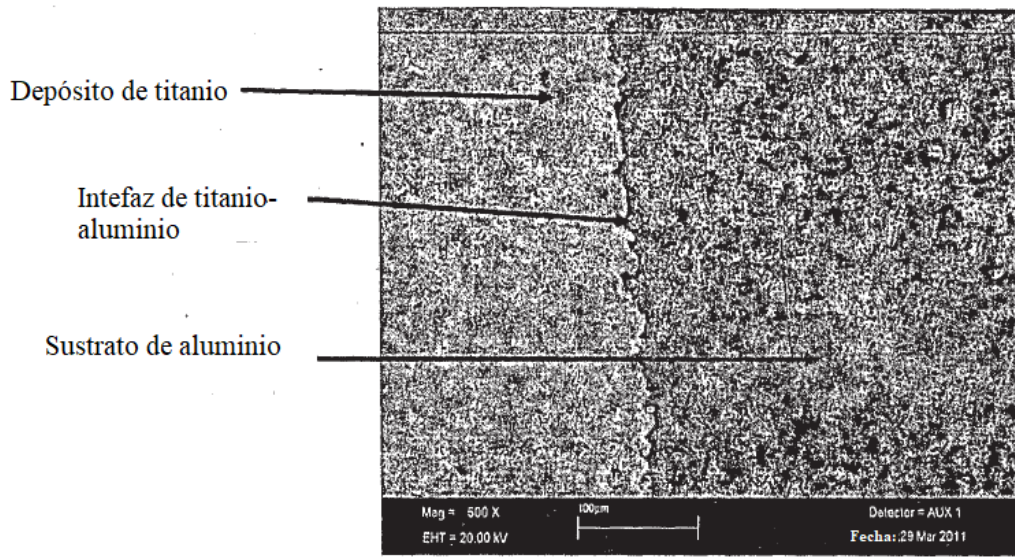


Figura 3