



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 288 424**

② Número de solicitud: 200601688

⑤ Int. Cl.:  
**B23K 26/00** (2006.01)  
**C22C 21/00** (2006.01)  
**C22C 49/06** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **22.06.2006**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2008**

Fecha de la concesión: **08.10.2008**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **01.12.2008**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**01.12.2008**

⑰ Titular/es: **Universidad Rey Juan Carlos  
c/ Tulipán, s/n  
28933 Móstoles, Madrid, ES  
Universidad Complutense de Madrid**

⑱ Inventor/es: **Rams Ramos, Joaquín;  
Pardo Gutiérrez del Cid, Ángel;  
Ureña Fernández, Alejandro;  
Merino Casals, María Concepción;  
Viejo Abrantes, Fernando;  
Arrabal Durán, Raúl;  
López Galisteo, Antonio Julio y  
López González, María Dolores**

⑲ Agente: **Pons Ariño, Ángel**

⑳ Título: **Método de tratamiento superficial con láser de una aleación de aluminio o de un material compuesto de matriz de aluminio.**

㉑ Resumen:

Método de tratamiento superficial con láser de una aleación de aluminio o de un material compuesto de matriz de aluminio. La presente invención se engloba dentro del sector químico/físico de materiales. Así, la invención comprende un método de tratamiento de un material, que comprende una aleación de aluminio o un compuesto de matriz de aluminio, donde dicho método comprende la preparación de la superficie del material y su posterior modificación superficial con láser. Además, la invención se refiere tanto a un nuevo material, resultante del tratamiento citado anteriormente, cuya composición comprende una aleación de aluminio o un compuesto de matriz, preferentemente con refuerzo cerámico, que tiene una microestructura fina, dura, resistente al desgaste y a la corrosión, como al uso del material tratado en aplicaciones industriales.

ES 2 288 424 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Método de tratamiento superficial con láser de una aleación de aluminio o de un material compuesto de matriz de aluminio.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se engloba dentro del sector químico/físico de materiales. Así, la invención comprende un método de tratamiento de un material, que comprende una aleación de aluminio o un compuesto de matriz de aluminio, donde dicho método comprende la preparación de la superficie del material y su posterior modificación superficial con láser. Además, la invención se refiere tanto a un nuevo material, resultante del tratamiento citado anteriormente, cuya composición comprende una aleación de aluminio o un compuesto de matriz, preferentemente con refuerzo cerámico, que tiene una microestructura fina, dura, resistente al desgaste y a la corrosión, como al uso del material tratado en aplicaciones industriales.

15 **Antecedentes de la invención**

En los últimos años se ha incrementado el uso de las aleaciones de aluminio debido tanto a su elevada resistencia específica como a su buen comportamiento frente a la corrosión. De ahí que se encuentren grandes campos de aplicación en la industria aeroespacial, del transporte (fundamentalmente la del automóvil) y la militar.

Los materiales compuestos de matriz de aluminio están encontrando cada vez un mayor número de aplicaciones. Entre ellas merece destacarse el sistema Al/SiC ya que el aluminio proporciona ligereza y un excelente comportamiento frente a la corrosión, mientras que el carburo de silicio mejora las propiedades mecánicas del recubrimiento aumentando el límite elástico y la dureza, y a consecuencia de ello, la resistencia frente al desgaste y la erosión [J.C. Viala, P. Fortier y J. Bouix J. Mater. Sci. 25, pp. 1842-1850 (1990)]. Por este motivo, resulta interesante la posibilidad de utilizarlo como un material estructural. Estos materiales se pueden obtener a través de diferentes sistemas de procesado destacando la fabricación por colada, por su bajo coste, [D.B. Miracle, Composites Science and Technology, 65 (2005) 2526-2540] y la extrusión, por las buenas propiedades mecánicas de los materiales fabricados. [W.C. Harrigan Jr., Materials Science and Engineering, A244 (1998) 75-79]. El sistema de extrusión cuenta con el inconveniente de las limitadas geometrías que se pueden alcanzar con su uso. El principal problema que encuentra el proceso de colada reside en el tipo de interacción que se produce entre el aluminio y el SiC empleado como refuerzo. Cuando la temperatura a la que interaccionan ambas es baja, la mojabilidad de las partículas de SiC por el aluminio fundido es muy reducida. En estas condiciones las partículas se segregan de la matriz fundida y se acumulan en los límites interdendríticos de solidificación. Al aumentar la temperatura a la que interaccionan el aluminio fundido y el SiC se favorece fuertemente su reactividad, lo que conlleva un aumento de mojabilidad que favorece la compatibilidad entre la cerámica y el metal. Esta reacción tiene el inconveniente de producir carburo de aluminio, el  $Al_4C_3$  es un compuesto frágil e higroscópico que degrada las propiedades mecánicas del material compuesto y, además, en ambientes húmedos aumenta su volumen y deteriora la superficie del material compuesto [T. Iseki, T. Kameda, T. Maruyana J. Mater. Sci. 19, pp.1692-1698 (1984); J.C. Viala, F. Bosselet, V. Laurent y Y. Lepetitcorps, J. Mater. Sci. 28, pp. 5301-5312 (1993); J.C. Viala, P. Fortier y J. Bouix J. Mater. Sci. 25, pp. 1842-1850 (1990)].

Se han empleado diferentes técnicas durante la fabricación de materiales compuestos por vía líquida para limitar estas reacciones, como reducir la temperatura y el tiempo de interacción entre la matriz fundida y las partículas [H. Ribes, M. Suéry, G. L'Espérance, J.G. Legoux, Metall. Trans. A 21, pp. 2489-2496 (1990)], pero esto no permite eliminar la porosidad.

Otra estrategia empleada en la bibliografía ha consistido en el uso de recubrimientos de muy diferente naturaleza sobre las partículas. Se han empleado diferentes metales como el cobre o níquel [F. Kretz, Z. Gácsi, J. Kóvacs, T. Pieczonka Surf. & Coat. Tech. 180-181, pp. 575-579 (2004); C.A. León, R.A.L. Drew, Composites A 33, pp. 1429-1432 (2002); S.Y. Chang, S.J. Lin, Scripta Mat. 35, pp. 225-231 (1996); P. Yih, D.D.L. Cheng, J. Mat. Sci. 31, pp. 399-406 (1996)], se han usado metales refractarios, y también se han empleado materiales cerámicos sobre las partículas mediante técnicas de oxidación [G. Yang, T. Fan, D. Zhang, Mat. Left. 58, pp. 1546-1552 (2004)] o incluso, en algunos casos, se utilizaron técnicas como el sol-gel [D.Y. Ding, J.C. Rao, D.Z. Wang, Z.Y. Ma, L. Geng, C.K. Yao, Mat. Sci. & Eng. A 279, pp. 138-141 (2000); M. Kato, Y. Goto, J. Mat. Sci. Lett. 15, pp. 1291-1293 (1996), J. Rams, A. Ureña, M. Campo, Adv. Eng. Mater., 6, pp. 57-61 (2004), J. Rams, A. Ureña, M. Campo, J. Mater. Res. 19, pp. 2109-2116 (2004)]. Finalmente, el proceso más sencillo consiste en enriquecer la matriz con silicio para desplazar la reacción que produce el carburo de aluminio [J.C. Lee, J.Y. Byun, S.B. Park, H.I. Lee, Acta Materialia 46, pp. 1771-1780 (1998), D.J. Lloyd, H. Lagace, A. McLeod, P.L. Morris, Mat. Sci. & Eng. A 107, pp. 73-80 (1989)] pero esto cuenta con el inconveniente de limitar la reacción reduciendo la interacción entre la matriz fundida y el refuerzo, lo que incrementa la porosidad. Además, los procesos de enfriamiento tienden a ser lentos, lo que configura microestructuras en la que aparecen precipitados y heterogeneidad en la distribución de refuerzos, lo que impide en muchas ocasiones el uso de estos materiales de coste competitivo dado que exige el empleo de técnicas de posprocesado.

El uso de procesos de modificación superficial del aluminio, sus aleaciones y materiales compuestos, tanto de forja como de moldeado, también resulta relevante dado que son susceptibles de sufrir ataque localizado por picadura en medios clorurados. Además, en el caso de los materiales compuestos fabricados a partir de estas aleaciones, el comportamiento frente a la corrosión empeora debido a que la adición de partículas reforzantes interrumpe la continuidad de

la capa pasiva de alumina, favoreciéndose el ataque localizado en las intercaras matriz/refuerzo y matriz/compuestos intermetálicos, como ponen de manifiesto diferentes estudios de A. Pardo, M.C. Merino, R. Arrabal, F. Viejo [Corr. Sci 47 (2005) 1750-1764; J. Electrochem. Soc. 152(6) (2005) B198-B204; Sur. Coat. Tech 200(9) (2006) 2938-2947 y Appl. Sur. Sci. 252(8) (2006) 2794-2805].

5 Hay diferentes técnicas de ingeniería de superficies que pueden emplearse. La solución más frecuente consiste en el depósito de recubrimientos sobre el material base empleando cualquiera de las múltiples técnicas disponibles como son la proyección por llama, proyección plasma, proyección de alta velocidad, deposición física en fase vapor (PVD) o la deposición química en fase vapor [M. Rosso, J. Mat. Proc. Tech.]; pero el coste de los materiales a depositar, añadido al de las propias técnicas, hace que un material asequible resulte muy caro de modificar. Otra alternativa menos evidente reside en la modificación microestructural del material mediante una fuente de alta energía. Hasta la fecha se han empleado haces de iones, haces de electrones, así como fuentes de luz láser de excímeros, CO<sub>2</sub> y Nd:YAG (R.D. Granata, P.G. Moore, en: "Surface Modification", Corrosion, vol 13, ASM Internacional, Materials Park, Ohio.). Todos estos procesos cuentan con la ventaja de que no requieren el aporte de material, lo que reduce su coste de aplicación, aunque el mantenimiento de las técnicas, sobre todo las de haces de iones y electrones, es muy elevado. Por tanto, el empleo de láseres para la modificación superficial de los materiales resulta muy atractivo por su razonable coste.

20 En los últimos años el láser se ha revelado como una herramienta de gran utilidad en el procesado de materiales, mostrándose como un elemento muy versátil que puede emplearse en el corte, soldadura y tratamiento superficial de todo tipo de materiales, tanto cerámicos como metálicos, poliméricos y materiales compuestos de muy diferentes características. El principal problema que se ha encontrado tradicionalmente en la implantación industrial de láseres es que se trata de una tecnología sensible al entorno y que resulta más difícil de mantener totalmente operativa. Estos problemas se han solucionado en gran medida al madurar la tecnología de los láseres de alta potencia para aplicaciones industriales.

30 Se han producido fuertes mejoras en todos los sistemas láser, tanto en los de Nd:YAG, como en los de CO<sub>2</sub> y los de diodo de alta potencia. Los láseres de Nd:YAG se bombean en la actualidad con diodos en lugar de con lámparas, mientras que los láseres de CO<sub>2</sub> se hacen ahora con cámara sellada para minimizar el mantenimiento. Pero, a pesar del enorme desarrollo de los últimos años, estos equipos presentan otras limitaciones.

35 Los láseres de Nd:YAG más empleados son láseres pulsados dada la naturaleza intrínseca de la emisión del neodimio, lo que implica una peor adecuación para tratar grandes superficies de material. Además tienen rendimientos energéticos muy bajos y unos elevados costes de mantenimiento.

40 Los láseres de CO<sub>2</sub> pueden operar con grandes potencias incluso en continuo, pero tienen el inconveniente de que la longitud de onda de la luz láser emitida es de 10 μm, lo que hace que la absorción de la energía por parte de una gran cantidad de materiales sea muy reducida. Esto hace necesario emplear potencias mucho más elevadas que las que serían necesarias con otras fuentes de luz láser. En la actualidad se dispone de láseres de diodo de hasta 6 kW con unas vidas en servicio muy superiores a las de otros tipos de láser, y con la ventaja de que los diodos láser trabajan con emisión en continuo. Una de las grandes ventajas que aportan estos láseres reside en su elevada eficiencia energética, superior al 40% frente al 3% de otras tecnologías, con el consiguiente ahorro en consumo y tamaño. Entre otras ventajas, los láseres de diodo de alta potencia no tienen en su interior partes móviles o cavidades abiertas, por lo que no requieren alineaciones o trabajos externos tan complejos como los otros tipos de láseres. Los láseres de diodo tienen un coste muy inferior a otro tipo de láseres de alta potencia. Por tanto, el desarrollo de aplicaciones para este tipo de láseres permitirá acceder a una tecnología de tratamiento superficial que conjuga el empleo de materiales de menor coste con unas adecuadas propiedades superficiales.

50 La utilización de la fusión controlada por láser y las elevadas velocidades de enfriamiento que se generan favorecen la formación de microestructuras muy finas, homogéneas y, en ocasiones semivítreas, que prácticamente inhiben el ataque localizado por picadura. Asimismo, el procesado superficial con láser origina un contacto más íntimo entre las partículas y la matriz de aluminio que inhibe o mejora el comportamiento frente a la corrosión por picadura. Además, el láser produce la disolución de compuestos intermetálicos, catódicos frente a la matriz de aluminio, que pueden originar pares galvánicos y pérdida de resistencia a la corrosión. Adicionalmente, se mejora significativamente la dureza superficial originando superficies con mayor resistencia al desgaste.

## Descripción de la invención

### Breve descripción de la invención

60 La presente invención proporciona un método de tratamiento superficial de materiales, cuya composición comprenda una aleación de aluminio o un material compuesto de matriz de aluminio, donde dicho método comprende la preparación de la superficie del material y su posterior modificación superficial con láser de diodo. Una de las ventajas que tiene el empleo de este tipo láser estriba en que mientras el láser de CO<sub>2</sub> opera en el infrarrojo medio (10,6 micrómetros) lo que exige, en la mayoría de los casos, el uso de medios catóptricos, el láser de diodo opera en el infrarrojo cercano, o incluso en el visible, pudiendo utilizarse medios dióptricos. En una realización particular de la invención el material a tratar comprende un refuerzo cerámico. Además, la invención se refiere tanto a un nuevo material, resultante del tratamiento citado anteriormente, compuesto de aleación de aluminio o de matriz de aluminio

con refuerzo cerámico, con una microestructura fina, dura, resistente al desgaste y a la corrosión, como al uso de la pieza en aplicaciones industriales.

### Descripción detallada de la invención

#### Definiciones

- *Aleación de aluminio*: este término hace referencia a la mezcla de dos o más elementos para configurar un metal, de los cuales el mayoritario es el aluminio.
- *Materiales compuestos de matriz de aluminio*: estos términos hacen referencia a aquellos materiales que comprenden al menos dos fases bien diferenciadas, una metálica consistente en una aleación de aluminio y una fase de carácter cerámico que actúa como refuerzo del material.
- *Refuerzo cerámico*: este término hace referencia a una fase cerámica dura que está presente en la aleación de aluminio sin reaccionar con ella. Cuando se trata de una fase discontinua se pueden emplear partículas o whiskers (monocristales con una elevada relación longitud-anchura. Las más frecuentes son el SiC y la alúmina.

Para el desarrollo de la presente invención, inicialmente se realizó una preparación superficial sistemática del material con el objetivo de trabajar siempre con superficies que tengan la misma reflectividad para obtener una perfecta reproducibilidad de los resultados. Existen multitud de sistemas para la preparación de superficies, en la presente invención proporciona de modo no limitante, el desbaste con lijas de diferente granulometría y el ataque superficial del material con sosa. En el primer caso se realizó un desbaste del material con sucesivas lijas de manera que en cada una de ellas se eliminó el relieve creado por la anterior. En el segundo proceso se realizó un primer desbaste con lija de basta para posteriormente sumergir al material en una disolución de NaOH durante el tiempo necesario para eliminar las líneas de desbaste. Los tiempos de inmersión en la sosa variarán en función de la composición del material y de la concentración de la disolución, variando generalmente entre los 15 segundos y los 3 minutos.

Posteriormente, se dejó el material a tratar superficialmente en la zona de acción del láser de diodo para que realizara un barrido sobre su superficie. El láser se empleó en modo continuo (CW) de manera que con una velocidad constante se consiguió tratar toda la superficie del material realizando múltiples pasadas. Los parámetros más relevantes a considerar para una mejor eficacia del método son: la orientación relativa entre el láser y la superficie a tratar, la potencia empleada en el láser, el tamaño de la zona iluminada por el haz del láser (lo que determina la densidad de potencia), la distancia lateral entre dos pasadas consecutivas (que determina el solape entre ellas, es decir, la porción de material que se ve iluminada por dos pasadas diferentes), la velocidad de desplazamiento relativo entre el láser y el material a tratar, y el empleo de diferentes gases para limitar la oxidación del material tratado o controlar su interacción con la atmósfera.

Es importante considerar que cada material requiere unas condiciones de tratamiento superficial propias y diferentes de las de otros materiales. El gran número de parámetros del proceso de tratamiento láser hizo que resultara complejo determinar las condiciones óptimas de tratamiento.

Los valores determinados que condujeron a los mejores resultados se muestran a continuación:

1. La orientación relativa entre el láser y el sustrato se tomó próxima a la verticalidad (impidiendo que la luz láser reflejada en el sustrato pudiera incidir sobre el láser de nuevo).
2. La potencia se modificó entre los 300 W y los 1500 W, pudiéndose emplear potencias superiores si se adecuan los demás parámetros de procesado.
3. El tamaño de la zona iluminada por el láser se modificó entre los 0,25 mm<sup>2</sup> y 1 cm<sup>2</sup>, lo que conlleva densidades de potencia de hasta 600.000 W/cm<sup>2</sup>.
4. La separación entre dos pasadas consecutivas se modificó desde tan sólo el 5% del ancho del haz láser (solapando unas pasadas con otras), hasta separaciones un 200% superiores al ancho del haz láser. En este caso las zonas irradiadas no solapan pero si lo hacen las zonas afectadas por el calor.
5. La velocidad relativa entre el láser y el sustrato se ha variado entre los 10 y los 200 mm/s dependiendo de que se emplearan menores o mayores densidades de potencia.
6. Finalmente, se han empleado diferentes gases de protección: argón, nitrógeno, en aire sin gas de protección, y en vacío.

La presencia de precipitados intermetálicos, tanto en las aleaciones de aluminio como en los materiales compuestos de matriz de aluminio, generó la presencia de pares galvánicos que actúan como pilas de corrosión. La eliminación de estos pares redujo la tendencia a la corrosión de estos materiales. En el caso de los materiales compuestos también puede tener efectos perjudiciales la presencia de una intercara entre las partículas cerámicas de refuerzo y el metal

de la matriz, pero su efecto siempre fue inferior al causado por los compuestos intermetálicos. Por lo tanto, cualquier tratamiento superficial que mejore la resistencia a la corrosión exige la disolución de estos precipitados y, para obtener simultáneamente durabilidad, es necesario que su desaparición total se produzca en los primeros 100-300 micrómetros en toda la superficie de la pieza tratada. La disolución de los precipitados exige la fusión parcial de la superficie del material, lo que implica que, en el caso de los materiales compuestos, pueda producirse una redistribución de las partículas y una degradación. Por tanto, una solidificación rápida resulta sumamente interesante.

Las características de las zonas modificadas dependieron mucho de las condiciones de tratamiento empleadas. Cuando se utilizó una excesiva densidad de potencia en los materiales compuestos de matriz de aluminio con partículas de carburo de silicio, se produjo una fuerte interacción entre matriz y refuerzo que produjo la degradación de este último, y dio lugar a la formación de carburo de aluminio, un material frágil e higroscópico que degrada la superficie tratada. Por el contrario, cuando se emplearon densidades de potencia demasiado bajas no se produjo ninguna modificación en la microestructura del material compuesto o de la aleación de aluminio. Se observó que los mejores resultados se obtuvieron cuando se consiguió una disolución total de los precipitados que hay en la matriz, lo que exigió la fusión de la zona más externa del material, pero limitando el tiempo de la fusión y la máxima temperatura alcanzada para controlar la reactividad de las partículas en el caso del material compuesto, y lograr que la solidificación de la zona más externa se forme una estructura de dendritas muy finas. Con la disolución de los intermetálicos se consiguió optimizar la respuesta a la corrosión de las aleaciones y de los materiales compuestos, mientras que con el afinamiento de la estructura se consiguió optimizar la respuesta mecánica del material.

En general, con un adecuado control de las variables se consiguió reducir la sensibilidad a la corrosión de estos materiales, obteniéndose un aumento del rango entre el potencial de corrosión y el de picadura superior al 400% para las aleaciones de aluminio y mayor del 550% para los materiales compuestos de matriz de aluminio. De igual manera, se consiguió aumentar la resistencia de polarización un 60% en el caso de las aleaciones de aluminio, y más de un 1000% en el caso de los materiales compuestos. Todo esto redundaba en una fuerte reducción de la velocidad de corrosión de las aleaciones de aluminio y de los materiales compuestos de matriz de aluminio, así como la eliminación total de los fenómenos de corrosión localizada que podrían producir fallos de estos materiales.

Por otra parte, el afinamiento de la microestructura superficial permitió obtener endurecimientos superiores al 80% medidos mediante dureza Vickers; mientras que cuando se hicieron comparativas de endurecimiento mediante nanoindentación se distinguieron incrementos de dureza generalizados superiores al 120% entre las zonas más blandas previas al tratamiento superficial con láser y las más blandas tras este tratamiento.

La mejora de la dureza superficial permitió obtener materiales con una elevada resistencia al desgaste que puede llegar a ser un 200% superior a la obtenida con el material antes del tratamiento.

Por lo tanto, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un método de tratamiento de un material, cuya composición comprende una aleación de aluminio o un compuesto de matriz de aluminio, preferentemente con refuerzo cerámico, donde dicho método comprende la preparación de la superficie del material y la posterior modificación superficial con láser de diodo del material previamente preparado. En adelante este método será denominado como "método de la invención".

En una realización preferida del método de la invención la aleación de aluminio es elegida del grupo: A2xxx, A6xxx, A7xxx o A3xx.x.

En una realización preferida del método de la invención la preparación es realizada por desbastado con lijas de granulometría creciente o el tratamiento mediante diferentes ácidos o bases o la mezcla de ambos. En una realización también preferida la preparación es llevada a cabo sumergiendo el material en una disolución de sosa.

En una realización más preferida el método de la invención comprende la modificación superficial con láser del material previamente preparado con un láser de diodo en continuo con una potencia al menos de 200 W, preferentemente entre 200 W y 1500 W.

En una realización más preferida el método de la invención comprende la modificación superficial con láser del material previamente preparado con un láser de diodo en continuo que comprende una superficie iluminada al menos de 0,25 mm<sup>2</sup>, preferentemente entre 0,25 mm<sup>2</sup> y 5 cm<sup>2</sup>, más preferentemente entre 0,25 y 1 cm<sup>2</sup>.

En una realización más preferida el método de la invención comprende la modificación superficial con láser del material previamente preparado con un láser de diodo en continuo con una velocidad lineal de tratamiento al menos de 3 mm/s, preferentemente entre 3 mm/s y 300 mm/s, más preferentemente entre 10 y 100 mm/s.

En una realización más preferida el método de la invención comprende la modificación superficial con láser del material previamente preparado con un láser de diodo en continuo con un solapamiento entre pasadas menor al 80%, preferentemente entre el 50% y el 5%.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un material en cuya composición comprende una aleación de aluminio o un compuesto de matriz de aluminio, preferentemente con refuerzo cerámico, tratado superficialmente con el método de la invención.

## ES 2 288 424 B1

En un tercer aspecto la presente invención se refiere al uso del material anteriormente descrito en aplicaciones industriales que comprenden pero no se limitan a la industria aeroespacial y la industria del transporte.

5 Salvo que se defina de otra manera, todos los términos técnicos y científicos tienen el mismo significado que el comúnmente entendido por un experto en la materia a la que la invención pertenece. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, componentes o pasos.

10 Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

### Ejemplos de la invención

#### Ejemplo 1

15 *Proceso de tratamiento superficial de una aleación de aluminio por colada A361 y posterior tratamiento con láser*

20 Se utilizó como sustrato una aleación de aluminio A361. La superficie se desengrasó y se desbastó con lijas del 60, 120, 240 y 400. Posteriormente se trató con láser con 750 W de potencia, solape del 20%, foco de 1 mm<sup>2</sup>, velocidad de tratamiento láser de 80 mm/s.

El material tratado presentó un aumento de dureza superficial de un 186%, una resistencia al desgaste incrementada en similar cantidad y de la resistencia a la nucleación de picaduras de 200 mV.

#### 25 Ejemplo 2

*Proceso de tratamiento superficial de un material compuesto de matriz de aluminio A3xx.x con un 20% de partículas de carburo de silicio y posterior tratamiento con láser*

30 Se utilizó como sustrato un material compuesto A3xx.x con un 20% de partículas de SiC. La superficie se desengrasó y se desbastó con Tija de 120 y se trató con NaOH al 2% durante 1 minuto. Posteriormente se trató con láser con 650 W de potencia, solape del 20%, foco de 1 mm<sup>2</sup>, velocidad de tratamiento láser de 60 mm/s.

35 El material tratado presentó un aumento de dureza superficial de un 148% y una resistencia a la nucleación de picaduras de 207 mV.

#### Ejemplo 3

40 *Proceso de tratamiento superficial de un material compuesto de matriz de aluminio A3xx.x con un 10% de partículas de carburo de silicio y posterior tratamiento con láser*

45 Se utilizó como sustrato un material compuesto A3xx.x con un 10% de partículas de SiC. La superficie se desengrasó y se desbastó con lijas del 60, 120, 240 y 400. Posteriormente se trató con láser con 750 W de potencia, solape del 20%, foco de 1 mm<sup>2</sup>, velocidad de tratamiento láser de 80 mm/s.

El material tratado presentó un aumento de dureza superficial de un 149%, una resistencia al desgaste mayor en un 120% y una resistencia a la nucleación de picaduras de 232 mV.

50

55

60

65

# ES 2 288 424 B1

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de tratamiento superficial de un material, cuya composición comprende una aleación de aluminio o compuesto de matriz de aluminio, donde dicho método comprende:
- a. la preparación de la superficie del material
  - b. la posterior modificación superficial con láser de diodo.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, donde el material comprende un refuerzo cerámico.
3. Método, según la reivindicación 2, donde el refuerzo cerámico está presente en una proporción de menos del 50% en peso respecto del total del material.
- 15 4. Método, según la reivindicación 3, donde el refuerzo cerámico está presente en una proporción entre el 10 y el 20% en peso respecto del total del material.
5. Método, según la reivindicación 4, donde el refuerzo cerámico es SiC.
- 20 6. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la preparación del material comprende el desbastado con lija de su superficie.
7. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la preparación del material comprende tratar la superficie con una disolución de sosa.
- 25 8. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el láser de diodo comprende un haz continuo con una potencia de al menos de 200 W.
- 30 9. Método, según la reivindicación 8, donde el láser de diodo comprende un haz continuo con una potencia de entre 200 W y 1500 W.
10. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el láser de diodo comprende una velocidad lineal de tratamiento al menos de 3 mm/s.
- 35 11. Método, según la reivindicación 10, donde el láser de diodo comprende una velocidad lineal de tratamiento de entre 10 mm/s y 100 mm/s.
- 40 12. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el láser de diodo comprende una superficie iluminada de al menos de 0,25 mm<sup>2</sup>.
13. Método, según la reivindicación 12, donde el láser de diodo comprende una superficie iluminada de entre 0,25 mm<sup>2</sup> y 1 cm<sup>2</sup>.
- 45 14. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el láser de diodo comprende un solapamiento entre zonas afectadas por el calor.
15. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, donde el láser de diodo comprende un solapamiento entre pasadas menor al 80%.
- 50 16. Método, según la reivindicación 15, donde el láser de diodo comprende un solapamiento entre pasadas entre el 50 y el 5%.
- 55 17. Material en cuya composición comprende una aleación de aluminio o compuesto de matriz de aluminio tratado con un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-16.
18. Material, según la reivindicación anterior, cuya composición comprende un refuerzo cerámico.
- 60 19. Material, según la reivindicación anterior, donde el refuerzo cerámico está en una proporción de menos del 50% en peso respecto del total del material.
20. Material, según la reivindicación anterior, donde el refuerzo cerámico está en una proporción entre el 10 y el 20% en peso respecto del total del material.
- 65 21. Material, según la reivindicación anterior, donde el refuerzo cerámico es SiC.
22. Uso de la material, según cualquiera de las reivindicaciones 17-21, en aplicaciones industriales que comprenden la industria aeroespacial y la industria del transporte.



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 288 424

② Nº de solicitud: 200601688

③ Fecha de presentación de la solicitud: 22.06.2006

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	LIU Z. et al. Corrosion mechanism of laser-melted AA 2014 and AA 2024 alloys. Applied Surface Science. Disponible en línea 26 Febrero 2005, Vol. 247 (2005), páginas 294-299. ISSN 0169-4332.	1,6-17,22
Y	L. LIN. The advances and characteristics of high-power diode laser materials processing. Optics and Lasers in Engineering, Octubre 2000, Vol. 34, páginas 231-253. ISSN 0143-8166.	1,6-17,22
A	G. ABBAS et al. Effect of high power diode laser surface melting on wear resistance of magnesium alloys. Wear. Disponible en línea 10 Mayo 2005, Vol 260 (2006), páginas 175-180. ISSN 0043-1648.	1-22
A	P.H. CHONG et al. Large area laser surface treatment of aluminum alloys for pitting corrosion protection. Applied Surface Science. 15 Marzo 2003, Vols. 208-209, páginas 399-404. ISSN 0169-4332.	1-22
A	T.M. YUE et al. Stress corrosion cracking behavior of Nd:YAG laser-treated aluminum alloy 7075. Applied Surface Science. Disponible en línea 12 Septiembre 2005., Vol. 252(2006), páginas 5026-5030. ISSN 0169-4332.	1-22
A	E. KENNEDY et al. A review of the use of high power diode lasers in surface hardening. Journal of Materials Processing Technology. 30 Noviembre 2004. Vols.155-156, páginas 1855-1860. ISSN 0924-0136.	1-22

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

28.11.2007

Examinador

J. A. Peces Aguado

Página

1/2



CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B23K 26/00** (2006.01)

*C22C 21/00* (2006.01)

*C22C 49/06* (2006.01)