

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 180**

51 Int. Cl.:

C23C 22/83 (2006.01)

B24C 7/00 (2006.01)

C23C 22/78 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2008 PCT/JP2008/067952**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2009 WO09044825**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2008 E 08835297 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2202331**

54 Título: **Procedimiento para producir un elemento metálico, elemento estructural con el elemento metálico producido de este modo y procedimiento de reparación del elemento metálico**

30 Prioridad:

05.10.2007 JP 2007261762

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

27.05.2019

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
16-5, Konan 2-chome, Minato-ku
Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:

**INOUE, AKIKO;
SEKIGAWA, TAKAHIRO y
OGURI, KAZUYUKI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 714 180 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

Procedimiento para producir un elemento metálico, elemento estructural con el elemento metálico producido de este modo y procedimiento de reparación del elemento metálico

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir un elemento metálico que tiene propiedades de fatiga y resistencia a la corrosión mejoradas, y a un procedimiento para reparar un elemento metálico.

10

Técnica anterior

El perdigonado representa un ejemplo conocido de un procedimiento de modificación de superficie que se utiliza para mejorar la resistencia a la fatiga de los materiales metálicos dentro de los elementos estructurales y similares utilizados en aviones y automóviles y similares (véase la cita no de patente 1). El perdigonado es un procedimiento en el que, por ejemplo, disparando innumerables partículas con un tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 mm (el material disparado) junto con una corriente de aire comprimido o un gas comprimido sobre la superficie de un material metálico, se forman muescas en la superficie del material metálico como resultado de la deformación plástica, mientras que al mismo tiempo, aumenta la dureza de la superficie del material metálico, y se forma una capa que tiene una tensión residual compresiva a una cierta profundidad.

15

20

Además, también se conocen tratamientos de perdigonado que emplean partículas duras no metálicas como las partículas disparadas. Por ejemplo, partículas de cerámica con un tamaño de partícula no inferior a 150 μm y partículas de vidrio que comprenden no menos del 50 % de sílice SiO_2 como constituyente principal se utilizan ampliamente como partículas para disparar.

25

Además, en los casos en los que se utiliza un elemento de aleación de aluminio como material metálico, el material se somete normalmente a un tratamiento de oxidación anódica o similar, seguido de pintura para mejorar la resistencia a la corrosión y similares (véase la cita de patente 1).

30

Este tratamiento de oxidación anódica es un tratamiento electrolítico en el que, por ejemplo, se utiliza un ácido, tal como ácido crómico, ácido fosfórico, ácido bórico o ácido sulfúrico, como electrolito y el material metálico funciona como ánodo.

35

La cita de patente 2 desvela un procedimiento para producir un conductor de aluminio en el que el ruido audible causado por las descargas de corona se reduce a un mínimo, comprendiendo dicho procedimiento comprende las etapas de (i) granallado de la superficie de un conductor de aluminio para realizar un desbaste hasta una rugosidad de la superficie de aproximadamente 5 a 100 μm , (ii) formación de una película hidrófila tal como, por ejemplo, una película de boehmita, una película de óxido anódico, una película de cromato o una película de conversión química sobre la superficie rugosa para conferir una naturaleza hidrófila a dicha superficie rugosa tal que el conductor de aluminio se moja de manera uniforme al recibir agua, y (iii) recubrimiento de dicha película hidrófila con un agente humectante o una resina hidrófila para evitar que la superficie rugosa del conductor de aluminio sea hidrofobizada.

40

La cita de patente 3 desvela un procedimiento para producir un producto fundido de aleación de aluminio que tiene una convertibilidad química mejorada, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de (i) granallado de la superficie de un producto fundido de aleación de aluminio con cuentas de alúmina para producir un producto fundido de aleación de aluminio limpiado en la superficie, (ii) granallado del producto fundido de aleación de aluminio limpiado en la superficie con perlas de metal suave sobre las cuales se deposita fácilmente una película de conversión química, para producir un producto fundido de aleación de aluminio de superficie modificada, (iii) combinación del producto fundido de aleación de aluminio de superficie modificada con otro elemento que tenga una convertibilidad química mayor que la del producto fundido de aleación de aluminio, y (iv) someter el producto fundido de aleación de aluminio de superficie modificada a un tratamiento de conversión química junto con el otro elemento en las condiciones de tratamiento para el otro elemento.

45

50

La cita de patente 4 desvela un procedimiento para producir una rueda de aluminio que muestra una adhesión mejorada a un material de base de aluminio, comprendiendo dicho procedimiento los pasos de (i) disparar sobre la superficie de una rueda de aluminio un material de fundición para producir una rueda de aluminio limpiada en la superficie mediante la eliminación de material alcalino adherido a la superficie de aluminio, estando dicho material de fundición compuesto por partículas plásticas que tienen un diámetro de partícula de 100 a 2000 μm y contienen una resina termoestable como ingrediente principal, y (ii) convertir químicamente la rueda de aluminio de superficie limpiada en ausencia de cromo hexavalente.

60

La cita de patente 5 desvela un procedimiento para fabricar un elemento metálico que tiene propiedades de fatiga mejoradas, comprendiendo dicho procedimiento partículas de perdigonado sobre una superficie de un material metálico que comprende una aleación ligera o un acero, en el que el tamaño de partícula promedio de las partículas no es superior a 200 μm , y la relación de una rugosidad media aritmética de la superficie del material metálico

65

después de la etapa de perdigonado con respecto a la rugosidad media aritmética de la superficie del material metálico antes de la etapa de perdigonado no es inferior a 0,8 y no superior a 1,5. Las partículas utilizadas en el perdigonado del material metálico son, preferentemente, partículas cerámicas tales como partículas de alúmina o sílice.

5 Cita no de patente 1: T. Dorr y otros cuatro, "Influence of Shot Penning on Fatigue Performance of High-Strength Aluminum- and Magnesium Alloys", The 7th International Conference on Shot Peening, 1999, Institute of Precision Mechanics, Warsaw, Poly. Internet <URL: <http://www.shotpeening.org/ICSP/icsp-7-20.pdf>>

10 Cita de patente 1: Solicitud de patente japonesa no examinada, número de publicación 2003-3295
 Cita de patente 2: Patente de Estados Unidos, n.º de publicación 4.759.805
 Cita de patente 3: Solicitud de patente japonesa no examinada, número de publicación H09-78254 A
 Cita de patente 4: Patente de Estados Unidos, n.º de publicación WO 2005/063443 A1
 Cita de patente 5: Patente de Estados Unidos, n.º de publicación WO 2007/105775 A1

15 **Divulgación de la invención**

Sin embargo, como se describe en la cita de patente 1, debido a que el tratamiento de oxidación anódica de la superficie de una aleación de aluminio implica una técnica en la que se aplica un potencial eléctrico a la superficie dentro de una solución ácida, durante el procedimiento de formación de la película, debido a que la corrosión ácida y galvánica también se producen simultáneamente. Adicionalmente, la corrosión de la superficie debido al ácido también se produce en el procedimiento de limpieza con solución ácida que normalmente se realiza como un tratamiento previo. Los agujeros formados por esta corrosión tienden a facilitar la corrosión eléctrica de la aleación de aluminio. Por consiguiente, dependiendo de la composición de la aleación de aluminio, se pueden formar agujeros en la superficie de la aleación de aluminio como resultado de la corrosión intergranular, la corrosión por picadura o la corrosión galvánica o similares. Estos agujeros tienden a actuar como orígenes para el desarrollo o propagación de grietas durante la rotura por fatiga, y, dependiendo del tamaño de los hoyos, pueden causar reducciones en la resistencia del material y la vida útil de la fatiga. En consecuencia, surge el problema de que, si bien se puede garantizar la resistencia a la corrosión, las propiedades de resistencia que se han mejorado con el perdigonado y, particularmente, las propiedades de fatiga tienden a deteriorarse.

Una película de oxidación anódica tiene una dureza más alta que la aleación de aluminio del material base, y debido a que la diferencia de dureza con respecto al material base es grande, factores como el espesor de la película y la naturaleza de la película pueden causar un deterioro en la resistencia a la fatiga.

Además, debido a que una película formada por un tratamiento de oxidación anódica contiene una multitud de microporos que están abiertos en la superficie de la película, normalmente se usa un tratamiento de sellado que llena estos microporos para mejorar la densidad de la película. Sin embargo, la realización de este tipo de tratamiento de sellado suaviza la superficie de la película, lo que significa que un efecto de anclaje satisfactorio puede no lograrse si se aplica un recubrimiento posterior. Como resultado, la adherencia de la pintura tiende a deteriorarse después de la deposición de la película, lo que puede dar lugar a problemas que resultan en una resistencia a la corrosión inferior, como el desprendimiento de la película de recubrimiento.

La presente invención se ha desarrollado a la luz de estas circunstancias, y tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para producir un elemento metálico que permita mejorar tanto las propiedades de fatiga como la resistencia a la corrosión del elemento, así como proporcionar un procedimiento de reparación de un elemento metálico.

Para lograr el objetivo anterior, la presente invención adopta los aspectos que se describen a continuación.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para producir un elemento metálico, comprendiendo el procedimiento:

una etapa de perdigonado de partículas de perdigonado que tienen un tamaño de partícula promedio de no menos de 10 µm y no más de 200 µm sobre una superficie de un material metálico que comprende una aleación de aluminio que utiliza un gas comprimido bajo una presión de chorro de no menos de 0.1 MPa y no más de 1 MPa, de modo que la intensidad del tratamiento de perdigonado, expresada en términos del valor de la altura del arco según lo determinado con un sistema de medición Almen, no sea inferior a 0,002 N y la diferencia entre la rugosidad de la superficie antes del el tratamiento de perdigonado y la rugosidad de la superficie después del tratamiento de perdigonado en la línea central la rugosidad promedio no es superior a 1 µm, siendo las partículas de alúmina o sílice que comprenden un material duro no metálico o un material duro no ferroso como constituyente principal, y una etapa de tratamiento de conversión química para formar una película basada en cromato o una película basada en cromato/fosfato en la superficie mediante la realización de un tratamiento de conversión química después de la etapa de granallado, el espesor de la película formada por el tratamiento de conversión química no es mayor que 5 µm.

En este procedimiento, debido a que se proyectan partículas que tienen un tamaño de partícula promedio de no más de 200 μm , se puede producir un elemento metálico que tiene propiedades de fatiga mejoradas sin cambiar sustancialmente la rugosidad de la superficie del material metálico que comprende una aleación de aluminio.

5 Además, debido a que la película se forma mediante un tratamiento de conversión química que no requiere la aplicación de un potencial eléctrico, los defectos como la corrosión por picadura no se generan en la superficie de la aleación de aluminio. Como resultado, la mejora en las propiedades de fatiga se puede mantener sustancialmente.

10 Además, el tiempo de tratamiento para el tratamiento de conversión química es corto, lo que significa que el tiempo de producción para el elemento metálico se puede acortar.

15 En el aspecto descrito anteriormente, el "tamaño de partícula promedio" se determina como el tamaño de partícula correspondiente al pico en una curva de distribución de frecuencia, y también se conoce como el tamaño de partícula más frecuente o el diámetro modal. Alternativamente, el tamaño de partícula promedio también se puede determinar utilizando los procedimientos que se enumeran a continuación.

(1) Un procedimiento en el que el tamaño de partícula promedio se determina a partir de una curva de tamiz (el tamaño de partícula correspondiente con $R = 50\%$ se considera la mediana del diámetro o el tamaño de partícula del 50%, y se representa mediante el símbolo d_{p50}).

20 (2) Un procedimiento en el que el tamaño de partícula promedio se determina a partir de una distribución Rosin-Rammer.

(3) Otros procedimientos (como determinar el tamaño de partícula promedio en número, tamaño de partícula promedio en longitud, tamaño de partícula promedio en área, tamaño de partícula promedio en volumen, tamaño de partícula en área superficial promedio o tamaño de partícula en volumen promedio).

25 Al emplear una configuración de este tipo, no queda ninguna fracción de hierro residual en la superficie del material metálico, lo que significa que no se produce la corrosión de la celda localizada causada por dicho hierro residual. Como resultado, una etapa de eliminación de la fracción de hierro usando una solución ácida o alcalina es innecesaria, lo que significa que se pueden evitar problemas como el cambio dimensional o la rugosidad de la superficie del material metálico causado por dicha etapa de eliminación de la fracción de hierro.

30 Además, también es innecesaria una etapa de eliminación de la fracción de hierro que se logra a través de una etapa de limpieza realizada después del perdigonado, lo que facilita el uso de la configuración anterior en la reparación del equipo real, ya sea durante la operación o durante la producción.

35 Además, en el aspecto o configuración descrito anteriormente, se puede proporcionar una etapa de recubrimiento para formar una película de recubrimiento después de la etapa de tratamiento de conversión química. Esto permite mejorar aún más la resistencia a la corrosión.

40 La solicitud desvela además un elemento estructural que incluye un elemento metálico producido usando el procedimiento de producción descrito anteriormente.

45 El elemento estructural no solo tiene excelentes propiedades de fatiga, sino que también presenta una mejor resistencia a la corrosión y adhesividad del recubrimiento en comparación con el material base. Este elemento estructural se puede utilizar favorablemente en el campo de la maquinaria de transporte, como aviones y automóviles, y en otros campos que requieren propiedades de fatiga del material y resistencia a la corrosión favorables.

50 Un segundo aspecto de la presente invención proporciona un procedimiento para reparar un elemento metálico, comprendiendo el procedimiento usar el procedimiento de producción descrito anteriormente para reparar defectos o rasguños que se han introducido en una superficie de un elemento metálico.

55 Una superficie de elemento metálico que se ha reparado utilizando el procedimiento de reparación de este aspecto no solo tiene excelentes propiedades de fatiga, sino que también muestra una mejor resistencia a la corrosión y adhesividad del recubrimiento en comparación con el material base.

60 Al emplear la presente invención en la producción de elementos metálicos tales como elementos estructurales, los elementos metálicos que tienen propiedades de fatiga mejoradas pueden producirse sin cambiar sustancialmente la rugosidad de la superficie del material metálico a lo largo de la etapa de proyección.

Además, como no se generan defectos como la corrosión por picadura en la superficie de la aleación de aluminio, la mejora en las propiedades de fatiga se puede mantener sustancialmente y la resistencia a la corrosión se puede mejorar.

65 Además, debido a que el tratamiento de conversión química requiere un tiempo de tratamiento más corto que un tratamiento de oxidación anódica, el tiempo de producción para el elemento metálico se puede acortar.

Breve descripción de los dibujos

[FIG. 1] Una gráfica que ilustra los resultados de las pruebas de fatiga.

5 Mejor modo de llevar a cabo la invención

A continuación se presenta una descripción de una realización del procedimiento para producir un elemento metálico de acuerdo con la presente invención.

10 En el procedimiento para producir un elemento metálico de acuerdo con la presente invención, se usa un material de aleación de aluminio (un material metálico) o similar.

15 En el procedimiento para producir un elemento metálico de acuerdo con la presente invención, las partículas (el material de disparo) utilizadas en el tratamiento de perdigonado del material de aleación de aluminio (la etapa de proyección) son partículas de alúmina o sílice que comprenden un material duro no metálico. como el constituyente principal. Las partículas no comprenden hierro como constituyente principal, o en otras palabras, esencialmente no contienen hierro.

20 En los tratamientos convencionales de perdigonado, normalmente se usa un material de disparo con un tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 mm, pero en la presente invención, se usa un material de disparo que tiene un tamaño de partícula promedio de no menos de 10 µm y no más de 200 µm. El tamaño de partícula promedio del material de disparo es, preferentemente, de no menos de 30 µm y no más de 100 µm.

25 Si el tamaño de partícula promedio del material de disparo es mayor que 200 µm, entonces la energía cinética excesivamente grande de las partículas puede dañar la superficie del material, lo que significa que no se puede lograr una mejora satisfactoria en la vida útil de la fatiga. En contraste, si el tamaño de partícula promedio del material de disparo es menor que 10 µm, los bloqueos y similares del material de disparo hacen que sea difícil lograr un estado de disparo estable.

30 La velocidad de disparo del material de disparo está regulada por la presión de disparo del gas comprimido. Los ejemplos de gas comprimido incluyen aire, nitrógeno, hidrógeno y gases inertes, tal como argón y helio. En el tratamiento de perdigonado de la presente invención, la presión del chorro no es inferior a 0,1 MPa ni superior a 1 MPa, y preferentemente no es inferior a 0,3 MPa ni superior a 0,6 MPa.

35 Si la presión de disparo es mayor que 1 MPa, la energía cinética excesivamente grande de las partículas puede dañar la superficie del material, lo que significa que no se puede lograr una mejora satisfactoria en la vida útil de la fatiga. Además, la rotura de las partículas puede causar un mayor desperdicio y la recolisión de las partículas rotas con la superficie del elemento metálico puede dañar la superficie. En contraste, si la presión de disparo es inferior a 0,1 MPa, entonces no solo las partículas no se aceleran lo suficiente, sino que el aire comprimido no puede suministrarse a una presión estable, lo que significa que lograr un estado de disparo estable se vuelve muy difícil.

Por otro lado, si la intensidad del perdigonado se expresa en términos del valor de la altura del arco (la intensidad) determinada utilizando un sistema de medición Almen, entonces el valor no es inferior a 0,002 N.

45 Las partículas de material de disparo son preferentemente una forma esférica. La razón de esta preferencia es que si las partículas del material de disparo son afiladas, entonces la superficie del elemento metálico podría dañarse.

50 La cobertura del tratamiento de perdigonado es preferentemente no inferior al 100 % y no superior al 1000 %, y más preferentemente no inferior al 100 % y no superior al 500 %.

A niveles de cobertura inferiores al 100 %, no se puede obtener una mejora satisfactoria en la resistencia a la fatiga. Además, si el nivel de cobertura excede el 1000 %, entonces un aumento en la temperatura en la superficie del material provoca una reducción en el esfuerzo residual de compresión en la superficie más externa, lo que significa que no se puede obtener una mejora satisfactoria en la resistencia a la fatiga.

55 Un elemento metálico que ha sido sometido a perdigonado en las condiciones descritas anteriormente exhibe preferentemente las propiedades de la superficie (tensión residual de compresión de la superficie y rugosidad de la superficie) descritas a continuación.

60 [Estrés residual de compresión superficial]

65 En un elemento metálico que ha sido sometido a un tratamiento de perdigonado de acuerdo con la presente invención existe una alta tensión residual de compresión de no menos de 150 MPa, ya sea en la superficie más externa del material, o en la vecindad del mismo. Como resultado, la superficie se fortalece y el fallo de fatiga no se produce en la superficie, sino en el interior del material, lo que significa que la vida de fatiga aumenta significativamente.

[Rugosidad de la superficie]

5 El tratamiento de perdigonado de acuerdo con la presente invención se realiza de modo que la rugosidad de la superficie no cambie sustancialmente durante el transcurso del tratamiento. La diferencia entre la rugosidad de la superficie antes del tratamiento de perdigonado y la rugosidad de la superficie después del tratamiento con perdigonado se suprime a una diferencia en la rugosidad promedio Ra de la línea central de no más de 1 µm.

10 La superficie de este elemento metálico se limpia, incluido un tratamiento desengrasante que elimina los componentes de grasa y aceite adheridos a la superficie.

Posteriormente, en los casos en los que, por ejemplo, una película pasiva, tal como una película de óxido, se adhiere a la superficie del elemento metálico, se realiza un tratamiento de activación para eliminar esta película pasiva.

15 Luego se realiza un tratamiento de conversión química, ya sea sumergiendo la superficie del elemento metálico en un líquido de tratamiento, o recubriendo o rociando el líquido de tratamiento sobre la superficie, formando así una película sobre la superficie metálica.

20 A diferencia de los tratamientos eléctricos, como los tratamientos de oxidación anódica, el tratamiento de conversión química utiliza una reacción química entre el líquido de tratamiento y el aluminio, y por lo tanto no genera corrosión por picadura u otros defectos en la superficie del elemento metálico. Como resultado, la mejora en las propiedades de fatiga proporcionadas por el tratamiento de perdigonado puede mantenerse sustancialmente mientras se mejora la resistencia a la corrosión.

25 Además, el tratamiento de conversión química no solo se puede realizar a un coste comparativamente bajo, a través de una operación relativamente simple y en un corto período de tiempo, sino que también se puede usar dentro de un tratamiento continuo, y es capaz de producir un tratamiento uniforme incluso para los elementos que tienen una forma compleja.

30 Como resultado, se puede formar una película uniforme que se adapte a las indentaciones (hoyuelos) formadas en la superficie del elemento metálico como resultado del tratamiento de perdigonado, lo que significa que, en la superficie de la película, se forman hoyuelos de sustancialmente la misma forma que los de la superficie del elemento metálico.

35 El procedimiento Alodine, que permite la formación de una película basada en cromato o una película basada en cromato/fosfato que muestra una adhesividad extremadamente favorable y una excelente resistencia a la corrosión y que se utiliza en la invención, es ideal para el tratamiento de conversión química.

40 El espesor de la película formada por el tratamiento de conversión química no es superior a 5 µm y, preferentemente, no es inferior a 0,1 µm y no es superior a 0,3 µm.

La película de conversión química formada de esta manera exhibe adhesividad favorable y es capaz de mejorar la resistencia a la corrosión del material de base subyacente.

45 Posteriormente, después de la limpieza y el secado de la superficie de la película formada mediante tratamiento de conversión química, se realiza una etapa de recubrimiento para formar una película de recubrimiento.

50 Debido a que la superficie de la película incluye hoyuelos, la adherencia favorable inherente de la película se combina con un efecto de anclaje provisto por los hoyuelos, lo que permite que la película de recubrimiento se forme con una excelente adhesión.

Esta película de recubrimiento produce una mejora adicional en la resistencia a la corrosión del elemento metálico.

55 Una descripción más detallada del procedimiento para producir un elemento metálico de acuerdo con la presente invención se presenta a continuación usando una serie de ejemplos y ejemplos comparativos.

(Ejemplo 1)

60 Se usó una lámina de un material de aleación de aluminio (7050-T7451, dimensiones: 19 mm × 76 mm × 2,4 mm) se usó como pieza de prueba. Una superficie de esta pieza de prueba se sometió a un tratamiento de perdigonado utilizando un material de disparo compuesto por partículas de cerámica de alúmina/sílice que tienen un tamaño de partícula promedio (tamaño de partícula más frecuente) de no más de 53 µm, en condiciones que incluyen una presión de chorro de 0,4 MPa y un tiempo de tratamiento de 30 segundos. La altura del arco durante el tratamiento fue de 0,003 N.

65 Se utilizó un aparato de disparo de partículas por gravedad como aparato de perdigonado.

ES 2 714 180 T3

El material de aleación de aluminio tenía una rugosidad superficial Ra de 1,2 µm antes del tratamiento de perdigonado. La rugosidad de la superficie Ra después del tratamiento de perdigonado fue de 1,4 µm.

5 Después del tratamiento de perdigonado, la superficie del material de aleación de aluminio se sometió a desengrase, limpieza y activación.

10 Esta superficie luego se sumergió en un líquido de tratamiento de conversión química disponible comercialmente "Alodine 1200" durante 120 segundos a temperatura ambiente, formando así una película a base de cromato. El espesor de la película fue de 3 µm.

Después de completar el tratamiento de conversión química, se usó un comprobador de fatiga hidráulico eléctrico (probador Hydract (± 50 kN), controlador INSTRON 8400) para realizar una prueba de fatiga en la pieza de prueba.

15 Las pruebas de fatiga se realizaron con dos cargas máximas diferentes de 276 MPa y 345 MPa (40 KSI y 50 KSI), y cada prueba se realizó aplicando cargas de tensión-tensión repetidas

(relación de tensión: 0,1), y midiendo el número de repeticiones de carga en el punto de ruptura de la pieza de prueba.

20 Los resultados de la prueba de fatiga para el ejemplo 1 se ilustran en la figura 1.

(Ejemplo comparativo 1, Ejemplo comparativo 2 y Ejemplo comparativo 3)

25 El ejemplo comparativo 1 representa una pieza de prueba mecanizada antes del tratamiento de perdigonado descrito en el ejemplo 1.

30 El ejemplo comparativo 2 representa una pieza de prueba mecanizada del ejemplo comparativo 1 que se ha sometido a un tratamiento de perdigonado con partículas de circonia convencionales que tienen un tamaño de partícula promedio (tamaño de partícula más frecuente) de 250 µm.

El ejemplo comparativo 3 representa una pieza de prueba después del tratamiento de perdigonado del ejemplo 1.

35 Los resultados de someter las piezas de prueba del ejemplo comparativo 1, el ejemplo comparativo 2 y el ejemplo comparativo 3 a la misma prueba de fatiga que el ejemplo 1 se ilustran en la figura 1.

40 Como es evidente a partir de los resultados en la figura 1, el tratamiento de perdigonado del ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 3 que usó un material de disparo de partículas finas produjo un aumento de 20 a 25 veces en la resistencia a la fatiga en comparación con el tratamiento de perdigonado del ejemplo comparativo 2 que utilizó un material de disparo convencional, y produjo un aumento de aproximadamente 100 veces la resistencia a la fatiga en comparación con el ejemplo comparativo 2 en el que no se realizó tratamiento de perdigonado, lo que permitió la producción de un elemento de aleación de aluminio con propiedades de fatiga notablemente mejoradas.

45 Además, los resultados del ejemplo 1, en el que se realizó un tratamiento de conversión química, mostraron casi ningún deterioro en las propiedades de fatiga en comparación con el ejemplo comparativo 3 en el que no se realizó ningún tratamiento de conversión química, manteniéndose sustancialmente las propiedades de fatiga del ejemplo comparativo 3.

(Ejemplo 2)

50 Utilizando una lámina de un material de aleación de aluminio (2024, dimensiones: 19 mm × 76 mm × 2,4 mm) como pieza de prueba, se realizaron los mismos tratamientos que en el ejemplo 1 (es decir, un tratamiento de perdigonado usando un material de disparo de partículas fino y un tratamiento de conversión química).

55 La superficie de la película formada en el tratamiento de conversión química se limpió y se secó, y luego se aplicó una resina basada en epoxi a la película y se secó durante 1,5 horas a una temperatura de no más de 93 °C.

(Ejemplo comparativo 4)

60 Con la excepción de realizar un tratamiento de oxidación anódica utilizando anodización con ácido bórico/ácido sulfúrico (véase la patente de Estados Unidos n.º 4.894.127) en lugar del tratamiento de conversión química, los tratamientos se realizaron de la misma manera que en el ejemplo 2.

65 Las piezas de prueba del ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 4 se sometieron a una prueba de resistencia a la corrosión y a una prueba de adhesión de recubrimiento.

La prueba de resistencia a la corrosión se realizó realizando una prueba de rociado de agua salada en la cual se

roció agua salada con una concentración de no más de 0,3 % y una temperatura de aproximadamente 35 °C sobre la pieza de prueba durante 168 horas. Los resultados de esta prueba revelaron que en el ejemplo 2 y en el ejemplo comparativo 4 no se pudieron encontrar cinco o más defectos puntuales en la superficie de la pieza de prueba.

- 5 La prueba de adhesión del revestimiento se realizó en condiciones tanto secas como húmedas usando una cinta fabricada por Sumitomo 3M Limited (véase ASTM D 3330). Los resultados de la prueba confirmaron que el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 4 mostraron una fuerza adhesiva de revestimiento favorable.

(Ejemplo 3)

- 10 Para evaluar un procedimiento de reparación, se preparó una pieza de prueba de fatiga de aleación de aluminio plana (7050) con un factor de concentración de tensión de 1,5, y esta pieza de prueba se sometió a perdigonado usando el mismo procedimiento descrito en el ejemplo 1. El perdigonado se realizó después de que se formaron rasguños en forma de cuña con un ancho de aproximadamente 200 µm y una profundidad de aproximadamente 100 µm tanto en la dirección de la carga como en la dirección horizontal en las esquinas de la pieza de prueba de fatiga.
- 15 Posteriormente, se realizó una prueba de fatiga utilizando el mismo medidor de fatiga que el utilizado en el ejemplo 1.

- 20 Los resultados de las pruebas anteriores revelaron que para la pieza de prueba que no se había sometido a un pelado con granalla, la rotura de la misma se produjo después de 151,110 repeticiones, mientras que la pieza de prueba que había sido sometida al tratamiento de perdigonado se rompió después de 1,370,146 repeticiones, lo que representa una mejora de la vida de fatiga de aproximadamente un orden de magnitud.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir un elemento metálico, comprendiendo el procedimiento:

5 una etapa de perdigonado de partículas de perdigonado que tienen un tamaño de partícula promedio de no menos de 10 μm y no más de 200 μm sobre una superficie de un material metálico que comprende una aleación de aluminio, usando un gas comprimido bajo una presión de chorro de no menos de 0.1 MPa y no más de 1 MPa, de modo que la intensidad del tratamiento de perdigonado, expresada en términos del valor de la altura del arco según se determina usando un sistema de medición Almen, no sea inferior a 0,002 N y la diferencia entre la rugosidad de la superficie antes del tratamiento de perdigonado y la rugosidad de la superficie después del tratamiento de perdigonado en la línea media de rugosidad no es superior a 1 μm , siendo las partículas de alúmina o de sílice que comprenden un material duro no metálico o un material duro no ferroso como constituyente principal, y
10 una etapa de tratamiento de conversión química para formar una película a base de cromato o una película a base de cromato/fosfato en la superficie del material metálico al realizar un tratamiento de conversión química después de la etapa de perdigonado, siendo el espesor de la película formada por el tratamiento de conversión química no superior a 5 μm .

20 2. El procedimiento para producir un elemento metálico de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una etapa de recubrimiento para formar una película de recubrimiento después de la etapa de tratamiento de conversión química.

25 3. Un procedimiento para reparar un elemento metálico, comprendiendo el método usar el procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 para reparar defectos o rasguños que se han introducido en la superficie de un elemento metálico.

FIG. 1

