

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 676**

51 Int. Cl.:

C08K 3/08	(2006.01)
C08K 3/22	(2006.01)
C08K 3/013	(2008.01)
F01D 5/28	(2006.01)
B22F 7/02	(2006.01)
C08L 63/00	(2006.01)
C09D 5/08	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2014 PCT/JP2014/004439**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15029444**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2014 E 14840385 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 3040363**

54 Título: **Material resistente a la erosión y álabe de turbina**

30 Prioridad:

30.08.2013 JP 2013179982
20.08.2014 JP 2014167352

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.03.2020

73 Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (100.0%)
1-1 Shibaura 1-chome Minato-ku
Tokyo 105-8001, JP

72 Inventor/es:

OKAMOTO, TETSUSHI;
SAWA, FUMIO;
HARAKAWA, TAKASHI;
YAMAZAKI, KENICHI;
CHO, HIROAKI;
SHIBUKAWA, NAOKI;
HASHIDATE, TADAYUKI;
HYODO, YOSHIHIRO;
TANAKA, AKIRA y
SAKUMA, MASAMITSU

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 745 676 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

Material resistente a la erosión y álabe de turbina

5 Campo técnico

Las realizaciones descritas en la presente memoria se refieren generalmente a un material resistente a la erosión y un álabe de turbina.

10 Técnica antecedente

15 Convencionalmente, se ha usado un material metálico en un entorno en el que la colisión de partículas hechas de sólido o líquido se produce a alta velocidad. Mientras tanto, en un equipo de transporte tal como un avión, un automóvil o un ferrocarril, se ha utilizado un plástico reforzado con fibra y reforzado con fibras de carbono, fibras de vidrio o similares para lograr la reducción de peso con el fin de lograr un ahorro de energía.

20 El plástico reforzado con fibra puede realizar la reducción de peso. Sin embargo, cuando una partícula hecha de sólido o líquido colisiona con el plástico reforzado con fibra a alta velocidad, la fibra o el plástico se erosiona y las características se deterioran fácilmente. Por consiguiente, se ha propuesto un procedimiento en el que un material de refuerzo tal como un material metálico o un material cerámico está dispuesto sobre una superficie que está sujeta a erosión.

25 El documento US2005142353 divulga partículas no esféricas que incluyen una dimensión principal, por ejemplo, escamas de material, posicionadas con la dimensión principal orientada generalmente a lo largo de una superficie del artículo con respecto a la cual está dispuesta la partícula. Las partículas, dispuestas en un medio fluido, cuya viscosidad se puede aumentar para asegurar las partículas en su posición, se colocan usando una fuerza de gravedad sobre las partículas.

30 El documento WO2007075497 divulga la reparación y eliminación de la erosión o el daño por impacto usando recubrimientos elastoméricos lijables a mano sobre un sustrato curvado, particularmente superficies tales como el borde frontal de la superficie aerodinámica. También se divulgan aplicadores y procedimientos especializados de uso.

35 El documento EP2290194 divulga una superficie aerodinámica que tiene un borde frontal resistente a la erosión. La superficie aerodinámica comprende una porción de cuerpo principal de la superficie aerodinámica y una porción de borde frontal. La porción de borde frontal comprende una pluralidad de partes funcionalmente distintas, que incluyen al menos; una primera parte para resistir la abrasión de la porción de borde frontal, y una segunda parte para resistir una fuerza de flexión aplicada a la porción del borde frontal, y ubicada detrás de la primera parte.

40 El documento US2007099027 divulga un recubrimiento resistente al desgaste que incluye un respaldo duro que incluye una matriz de aleación metálica dispersa con una pluralidad de partículas duras; y se proporciona una pluralidad de nanocapas dispuestas sobre el respaldo duro. La pluralidad de nanocapas tiene características diferentes entre sí.

45 El documento WO2010051803 divulga una capa antierosión para componentes o estructuras aerodinámicos donde se inserta una pluralidad de partículas de material duro a microescala o nanoescala en una capa de unión que consiste en un material que se adhiere bien a los componentes o estructuras aerodinámicos.

50 El documento EP2226409 divulga una superficie aerodinámica de compresor de turbina resistente a la erosión y de sacrificio que tiene un recubrimiento de superficie aerodinámica que incluye un recubrimiento de sacrificio que comprende una capa de una capa inferior conductora y una capa superior de un aglutinante de matriz inorgánica que tiene una pluralidad de partículas cerámicas y partículas conductoras incrustadas en la misma dispuestas sobre la capa inferior.

55 La Referencia de Patente 1: JP-A 2008-169844 divulga un álabe de guía de entrada compuesta que tiene una resistencia a la corrosión mejorada.

Sumario

60 Problemas a resolver por la invención

65 Sin embargo, en el procedimiento en el que el material de refuerzo está dispuesto sobre la superficie, se sacrifica la reducción de peso. Además, cuando el material de refuerzo sobre la superficie se erosiona, el deterioro de las características progresa fácilmente. Las realizaciones de la presente invención tienen el objetivo de resolver los problemas descritos anteriormente, y un objeto de la misma es proporcionar un material que tenga un peso ligero

y buena resistencia a la erosión.

Medios para resolver los problemas

5 Un material resistente a la erosión y un álabe de turbina de acuerdo con la invención se definen en las reivindicaciones 1 y 10.

Breve descripción de los dibujos

10 La Figura 1 es una vista en sección que ilustra un ejemplo de un material resistente a la erosión que no forma parte de la invención.

15 La Figura 2 es una vista en sección que ilustra un ejemplo modificado del material resistente a la erosión que no forma parte de la invención.

La Figura 3 es una vista en sección que ilustra otro ejemplo modificado del material resistente a la erosión que no forma parte de la invención.

20 La Figura 4 es una vista en sección que ilustra el material resistente a la erosión de acuerdo con la invención.

La Figura 5 es una vista en sección que ilustra un ejemplo de un material resistente a la erosión que no forma parte de la invención.

25 La Figura 6 es una vista que ilustra una relación entre una proporción de contenido de porciones discontinuas (partículas de óxido de tungsteno) y una cantidad de erosión.

La Figura 7 es una vista que ilustra una relación entre formas de partículas que forman porciones discontinuas y una cantidad de erosión.

30 La Figura 8 es una vista que ilustra una relación entre una proporción de contenido de porciones discontinuas (partículas de caucho) y una cantidad de erosión.

35 La Figura 9 es una vista que ilustra una relación entre un ángulo de contacto de gota de agua en una superficie y una cantidad de erosión.

La Figura 10 es una vista que ilustra una relación entre configuraciones de porciones discontinuas y una cantidad de erosión.

Descripción detallada

40 A continuación, se describirán realizaciones de un material resistente a la erosión haciendo referencia a los dibujos.

45 La Figura 1 es una vista en sección que ilustra un ejemplo de un material resistente a la erosión. Obsérvese que la Figura 1 también ilustra una partícula en colisión 40 que colisiona con un material resistente a la erosión 10.

50 El material resistente a la erosión 10 de la primera realización tiene una porción continua 11 y porciones discontinuas 12. La porción continua 11 es una que tiene una estructura continua y se convierte en una matriz del material resistente a la erosión 10. Las porciones discontinuas 12 están dispuestas dentro de la porción continua 11.

55 Las porciones discontinuas 12 están dispuestas dentro de la porción continua 11 para tener una estructura discontinua. Las porciones discontinuas 12 están formadas por partículas que tienen un diámetro promedio de partícula de 1 µm o menos. Además, las porciones discontinuas 12 están formadas por un material que tiene una dureza superficial y un módulo de Young mayor que el de la porción continua 11.

60 En este caso, la estructura discontinua significa que las partículas no se ponen en contacto entre sí. Sin embargo, no siempre es necesario satisfacer un nivel hasta uno en el que todas las partículas no se pongan en contacto entre sí. Por ejemplo, algunas partículas pueden ponerse en contacto entre sí. La estructura discontinua como la anterior se forma de manera que las partículas se dispersan para ser dispuestas, y la porción continua 11 se interpone entre estas partículas.

Como el material tiene la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12 descritas anteriormente, la reducción de peso se vuelve realizable, y además de eso, la resistencia a la erosión se vuelve buena.

65 Por ejemplo, un material de resina general tiene baja dureza superficial y módulo de Young. Si se emplea el material

de resina descrito anteriormente, cuando el ángulo de incidencia de una partícula en colisión es grande, el impacto de la partícula en colisión se absorbe para suprimir la erosión, debido al bajo módulo de Young. Sin embargo, cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión es pequeño, el material se erosiona fácilmente para poderse rayar, debido a la baja dureza de la superficie. En este caso, en el que el ángulo de incidencia de la partícula en colisión es grande indica un caso en el que la partícula en colisión incide en una superficie en un ángulo cercano a un ángulo vertical. Además, el caso en el que el ángulo de incidencia de la partícula en colisión es pequeño indica un caso en el que la partícula en colisión incide en la superficie para frotarla.

Por el contrario, si se emplea un material que tiene una alta dureza superficial y un módulo de Young, cuando el ángulo de incidencia de una partícula en colisión es pequeño, se suprime la erosión, como la que se forma por el rayado, debido a la alta dureza superficial. Sin embargo, cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión es grande, la erosión se produce fácilmente ya que el módulo de Young es alto y, por lo tanto, el impacto no se absorbe lo suficiente.

La porción continua 11 formada del material cuya dureza superficial y módulo de Young es relativamente baja, y las porciones discontinuas 12 formadas del material cuya dureza superficial y módulo de Young son relativamente altas, están dispuestas adecuadamente. Esto suprime la erosión, independientemente de la magnitud del ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40.

Por ejemplo, cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40 es pequeño, la partícula en colisión 40 colisiona con la porción discontinua 12 para frotar la porción. En este caso, la porción discontinua 12 está formada por el material cuya dureza superficial y módulo de Young son relativamente altos. Esto suprime la erosión como la que se forma al rayarse. Por otro lado, cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40 es grande, incluso si la partícula en colisión 40 colisiona con la porción discontinua 12, el impacto aplicado a la porción discontinua 12 es absorbido por la porción continua 11. En este caso, la porción continua 11 está formada por el material cuya dureza superficial y módulo de Young son relativamente bajos. Esto suprime tanto la erosión como la que se forma por el rayado causado cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40 es pequeño, y la erosión causada por el impacto cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40 es grande. Específicamente, las erosiones se suprimen independientemente de la magnitud del ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40.

En este caso, el efecto de absorber el impacto se vuelve prominente cuando un diámetro de partícula de la partícula que forma la porción discontinua 12 es suficientemente pequeño, en comparación con un diámetro de partícula de la partícula en colisión 40. Al igual que la partícula en colisión 40, se puede indicar alguna partícula formada por sólido o líquido. Como un ejemplo típico de la partícula en colisión 40, se pueden citar gotas de agua que tienen un diámetro promedio de partícula de aproximadamente 200 μm . En el material resistente a la erosión 10, al establecer el diámetro promedio de partícula de las partículas que forman las porciones discontinuas 12 para que sea lo suficientemente pequeño como para ser de 1 μm o menos, la erosión causada por el impacto se suprime eficazmente. El diámetro promedio de partícula de las partículas que forman las porciones discontinuas 12 es preferentemente de 500 nm o menos, y más preferentemente de 300 nm o menos. Aunque un valor límite inferior del diámetro promedio de partícula no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 1 nm.

Además, el efecto de absorber el impacto se puede obtener cuando las partículas que forman las porciones discontinuas 12 no se ponen en contacto entre sí. En el material resistente a la erosión 10, al proporcionar la estructura discontinua en la que las partículas no se ponen en contacto entre sí, la erosión causada por el impacto se suprime eficazmente. Hablando teóricamente, si una proporción, en volumen, de la porción continua 11 en la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12 se convierte en un tercio o más, se crea un estado continuo en el que las partículas que forman las porciones discontinuas 12 se ponen en contacto entre sí.

Además, de acuerdo con el material resistente a la erosión 10, es posible usar el material de resina como material de composición de la porción continua 11. Esto permite llevar a cabo la reducción de peso.

Además, de acuerdo con el material resistente a la erosión 10, el material tiene la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12 en su conjunto. Por consiguiente, incluso si la partícula en colisión 40 colisiona tentativamente con el material y se afeita una superficie 10a, las superficies que tienen una estructura similar aparecen una tras otra, lo que da como resultado que se suprime la reducción de la resistencia a la erosión.

Obsérvese que el diámetro promedio de partícula, la dureza de la superficie y el módulo de Young se pueden medir de la siguiente manera. El diámetro promedio de partícula se puede medir mediante un procedimiento de difracción láser. La dureza de la superficie se puede medir con respecto a productos a granel fabricados a partir de materiales que forman porciones respectivas. Durante la medición de la dureza de la superficie, es posible utilizar medidores de dureza de acuerdo con los materiales. Por ejemplo, con respecto a un material blando como el material que forma la porción continua 11, es posible usar un medidor de dureza Rockwell. Con respecto a un material duro como el material que forma la porción discontinua 12, es posible usar un medidor de dureza Vickers. Con respecto a un material de caucho, es posible usar un durómetro. El módulo de Young se puede medir usando una pieza de prueba especificada en JISG0567J usando un probador de tracción.

ES 2 745 676 T3

- 5 La dureza superficial del material que forma la porción continua 11 se basa en la dureza Rockwell (escala M), preferentemente 130 o menos, más preferentemente 120 o menos, aún más preferentemente 110 o menos, y particularmente preferentemente 100 o menos. Aunque un valor límite inferior de la dureza de la superficie del material que forma la porción continua 11 no está necesariamente limitado, normalmente es aproximadamente 60 basado en la dureza Rockwell (escala M).
- 10 El módulo de Young del material que forma la porción continua 11 es preferentemente 20 GPa o menos, más preferentemente 10 GPa o menos, y aún más preferentemente 5 GPa o menos. Cuando el módulo de Young está dentro del intervalo descrito anteriormente, el impacto aplicado a la porción discontinua 12 por la partícula en colisión 40 se absorbe, dando como resultado que la resistencia a la erosión se vuelve buena. Aunque un valor límite inferior del módulo de Young del material que forma la porción continua 11 no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 100 MPa.
- 15 Como el material que forma la porción continua 11, es preferible un material de resina. Como material de resina, es preferible uno que contenga al menos un tipo seleccionado de una resina epoxídica, una resina fenólica, una resina de poliimida y una resina de imida de poliéster. Como material de resina, es particularmente preferible uno que contenga la resina epoxídica. Obsérvese que también es posible que el material de resina contenga un agente de curado, un medio de dispersión, un agente de nivelación, un agente antiespumante, un pigmento o similar, según sea necesario.
- 20 Como la resina epoxídica, por ejemplo, se puede citar alguna obtenida por condensación entre epíclorhidrina y fenoles polihídricos tales como bisfenoles o alcohol polihídrico. Concretamente, se puede citar una resina epoxídica de tipo bisfenol A, una resina epoxídica de tipo bisfenol A bromado, una resina epoxídica de tipo bisfenol A hidrogenado, una resina epoxídica de tipo bisfenol F, una resina epoxídica de tipo bisfenol S, una resina epoxídica de tipo bisfenol AF, una resina epoxídica de tipo bifenilo, una resina epoxídica de tipo naftaleno, una resina epoxídica de tipo fluoreno, una resina epoxídica de tipo novolac, una resina epoxídica de tipo fenol novolac, una resina epoxídica de tipo orto-cresol novolac, una resina epoxídica de tipo tris(hidroxifenil) metano, y similares. Además, se puede citar una resina epoxídica de tipo de éster de glicidilo obtenida mediante condensación entre una resina epoxídica de tipo de éter de glicidilo tal como una resina epoxídica de tipo tetrafeniloletoano o epíclorhidrina y ácido carboxílico, una resina epoxídica heterocíclica tal como una resina epoxídica de tipo hidantoína obtenida por reacción entre triglicidil isocianato o epíclorhidrina e hidantoínas, y similares.
- 25
- 30
- 35 Un ángulo de contacto de gota de agua sobre una superficie del material de resina que forma la porción continua 11 es preferentemente 80 grados o menos. Cuando el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie del material de resina es de 80 grados o menos, la resistencia a la erosión se mejora aún más. El ángulo de contacto de gota de agua como el anterior se obtiene cuando, por ejemplo, el material de resina contiene un grupo hidrófilo. Como grupo hidrófilo, se pueden citar, por ejemplo, un grupo hidroxilo, un grupo amino, un grupo carboxilo, un grupo sulfuro y un grupo amida. El efecto como el anterior se demuestra particularmente cuando la partícula en colisión 40 es una gota de agua.
- 40
- 45 El grupo hidrófilo se introduce en el material de resina utilizando, por ejemplo, una resina que contiene el grupo hidrófilo, como la resina utilizada para fabricar el material de resina. Solo se requiere que la resina que contiene el grupo hidrófilo contenga al menos un grupo hidrófilo en una molécula, y cuando la resina contiene unidades recurrentes en la molécula, es preferible que cada una de las unidades recurrentes contenga al menos un grupo hidrófilo.
- 50 En el material resistente a la erosión 10, es más preferible que el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie 10a con la que colisiona la partícula en colisión 40 sea de 80 grados o menos. Para establecer el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie de 10a a 80 grados o menos, mejora aún más la resistencia a la erosión. En este caso, la superficie 10a es una superficie que tiene la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12.
- 55 La dureza superficial del material que forma las porciones discontinuas 12 se basa en la dureza Vickers, preferentemente 700 o más, y más preferentemente 1000 o más. A medida que la dureza superficial del material que forma las porciones discontinuas 12 se vuelve alta, se suprime la erosión como la que se forma por el rayado causada cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40 es pequeño. Aunque el valor límite superior de la dureza superficial del material que forma las porciones discontinuas 12 no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 2500.
- 60 El módulo de Young del material que forma las porciones discontinuas 12 es preferentemente 50 GPa o más, más preferentemente 100 GPa o más, y aún más preferentemente 300 GPa o más. Aunque un valor límite superior del módulo de Young del material que forma las porciones discontinuas 12 no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 500 GPa.
- 65 Las porciones discontinuas incluyen material cerámico y caucho tipo núcleo-coraza.

Una proporción de contenido de las porciones discontinuas 12, en el total de la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12, es preferentemente 1% en volumen o más. Cuando la proporción de contenido de las porciones discontinuas 12 es 1% en volumen o más, se suprime de manera efectiva la erosión, tal como alguna formada por el rayado por la partícula en colisión 40 con un pequeño ángulo de incidencia. La proporción de contenido de las porciones discontinuas 12 es más preferentemente 5% en volumen o más, aún más preferentemente 10% en volumen o más, aún más preferentemente 15% en volumen o más, incluso más preferentemente 20% en volumen o más, y particularmente preferentemente 25% en volumen o más, ya que se suprime la erosión como la que se forma por el rayado.

Por otro lado, cuando la proporción de contenido de las porciones discontinuas 12 se vuelve alta, la erosión como la que se forma por el rayado por la partícula en colisión 40 con un pequeño ángulo de incidencia, ya no se suprime y, por el contrario, la erosión es probable que ocurra debido al impacto de la partícula en colisión 40 con un gran ángulo de incidencia. Por esta razón, la proporción de contenido de las porciones discontinuas 12, en el total de la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12, es preferentemente 40% en volumen o menos, más preferentemente 35% en volumen o menos, y aún más preferentemente 30% en volumen o menos.

La Figura 2 es una vista en sección que ilustra un ejemplo modificado del material resistente a la erosión 10. El material resistente a la erosión 10 también puede contener fibras 13. Por ejemplo, en el caso de un miembro estructural, es preferible que el miembro estructural en sí tenga suficiente resistencia mecánica. Por esta razón, cuando el material resistente a la erosión 10 se usa como miembro estructural, es preferible que las fibras 13 estén contenidas en el material para asegurar la resistencia mecánica. Las fibras 13 están contenidas en un estado de un material base formado por una tela tejida o no tejida, por ejemplo. Como material que forma la fibra 13, se pueden citar una fibra de vidrio, una fibra de carbono y una fibra de polímero, por ejemplo. Una longitud de la fibra 13 se puede cambiar apropiadamente de acuerdo con un tamaño del material y similares.

Cuando las fibras 13 están contenidas, se puede seleccionar apropiadamente una proporción de contenido de las fibras de acuerdo con la resistencia mecánica que se requiera, y similares. Normalmente, la proporción de contenido de las fibras 13 en todo el material resistente a la erosión 10 es preferentemente 50% en volumen o más, más preferentemente 60% en volumen o más, y aún más preferentemente 70% en volumen o más. Por otro lado, cuando se aumenta la proporción de contenido de las fibras 13, la proporción de contenido de la porción continua 11 y las porciones discontinuas 12 disminuye relativamente, dando como resultado que la resistencia a la erosión se reduce. Por esta razón, la proporción de contenido de las fibras 13 en todo el material resistente a la erosión 10 es preferentemente 99% en volumen o menos, y más preferentemente 95% en volumen o menos.

Obsérvese que la proporción en volumen de cada una de las porciones continuas 11, las porciones discontinuas 12 y las fibras 13, contenidas en el material resistente a la erosión 10, se determina dividiendo la proporción entre la masa de cada una de la porción continua 11, la porción discontinua 12 y las fibras 13, contenidas en el material resistente a la erosión 10, por gravedad específica de cada uno de los elementos.

La Figura 3 es una vista en sección que ilustra otro ejemplo modificado del material resistente a la erosión 10.

La partícula que forma la porción discontinua 12 no está necesariamente limitada a una esférica, sino que también puede ser una con una forma de placa plana, una forma de columna o similar en la que una relación de aspecto promedio es mayor que 1. Cuando se emplea una partícula que tiene una relación de aspecto promedio mayor que 1, se mejora la resistencia de unión entre la porción continua 11 y la porción discontinua 12, lo que resulta en que la erosión causada por el impacto cuando el ángulo de incidencia de la partícula en colisión 40 sea grande, se suprime particularmente.

Una relación de aspecto promedio de las partículas que forman las porciones discontinuas 12 es preferentemente 5 o más, y más preferentemente 10 o más. Obsérvese que la relación de aspecto promedio de las partículas que forman las porciones discontinuas 12 se puede determinar a través de observaciones SEM y TEM.

A continuación, se describirá un material resistente a la erosión de la invención. La Figura 4 es una vista en sección que ilustra un ejemplo de un material 20 resistente a la erosión de acuerdo con la invención.

El material resistente a la erosión 20 de la segunda realización tiene una estructura que es aproximadamente similar a la del material resistente a la erosión 10 de la primera realización, excepto que las relaciones de magnitud de la dureza de la superficie y el módulo de Young entre una porción continua 21 y las porciones discontinuas 22 están invertidas.

Específicamente, el material resistente a la erosión 20 tiene la porción continua 21 y las porciones discontinuas 22. La porción continua 21 es una que tiene una estructura continua y se convierte en una matriz del material resistente a la erosión 20. Las porciones discontinuas 22 están dispuestas dentro de la porción continua 21 tiene una estructura discontinua. Las porciones discontinuas 22 están formadas por partículas que tienen un diámetro promedio de partícula de 20 μm o menos. Además, las porciones discontinuas 22 están formadas por un material

ES 2 745 676 T3

que tiene la dureza superficial y el módulo de Young menor que aquellas de la porción continua 21.

5 Como se describió anteriormente, incluso en un caso en el que las porciones discontinuas 22 están formadas por el material que tiene la dureza de la superficie y el módulo de Young menor que aquellas de la porción continua 21, la resistencia a la erosión se vuelve buena, de manera similar al caso en el que las porciones discontinuas 22 están formadas por el material que tiene la dureza superficial y el módulo de Young mayor que aquellas de la porción continua 21.

10 La dureza superficial del material que forma la porción continua 21 se basa en la dureza Rockwell (escala M), preferentemente 80 o más, más preferentemente 90 o más, y aún más preferentemente 100 o más. Aunque un valor límite superior de la dureza de la superficie del material que forma la porción continua 21 no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 130 basado en la dureza Rockwell (escala M).

15 El módulo de Young del material que forma la porción continua 21 es preferentemente 1 GPa o más, más preferentemente 2 GPa o más, aún más preferentemente 3 GPa o más, y también puede ser 10 GPa o más. Aunque un valor límite superior del módulo de Young del material que forma la porción continua 21 no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 50 GPa.

20 Como el material que forma la porción continua 21, es preferible un material de resina. Como material de resina, es preferible uno que contenga al menos un tipo seleccionado de una resina epoxídica, una resina fenólica, una resina de poliimida y una resina de imida de poliéster. Como material de resina, es particularmente preferible uno que contenga la resina epoxídica. Obsérvese que también es posible que el material de resina como el anterior contenga un agente de curado, un medio de dispersión, un agente de nivelación, un agente antiespumante, un pigmento o similar, según sea necesario.

25 Como la resina epoxídica, por ejemplo, se puede citar una obtenida por condensación entre epiclorhidrina y fenoles polihídricos tales como bisfenoles o alcohol polihídrico. Concretamente, se puede citar una resina epoxídica de tipo bisfenol A, una resina epoxídica de tipo bisfenol A bromado, una resina epoxídica de tipo bisfenol A hidrogenado, una resina epoxídica de tipo bisfenol F, una resina epoxídica de tipo bisfenol S, una resina epoxídica de tipo bisfenol AF, una resina epoxídica de tipo bifenilo, una resina epoxídica de tipo naftaleno, una resina epoxídica de tipo fluoreno, una resina epoxídica de tipo novolac, una resina epoxídica de tipo fenol novolac, una resina epoxídica de tipo orto-cresol novolac, una resina epoxídica de tipo tris(hidroxifenil) metano, y similares. Además, se puede citar una resina epoxídica de tipo de éster de glicidilo obtenida mediante condensación entre una resina epoxídica de tipo de éter de glicidilo tal como una resina epoxídica de tipo tetrafeniloetano o epiclorohidrina y ácido carboxílico, una resina epoxídica heterocíclica tal como una resina epoxídica de tipo hidantoína obtenida por reacción entre triglicidil isocianato o epiclorhidrina e hidantoínas, y similares.

30 Un ángulo de contacto de gota de agua sobre una superficie del material de resina que forma la porción continua 21 es preferentemente 80 grados o menos. Cuando el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie del material de resina es de 80 grados o menos, la resistencia a la erosión se mejora aún más. El ángulo de contacto de gota de agua como el anterior se obtiene cuando, por ejemplo, el material de resina contiene un grupo hidrófilo. Como grupo hidrófilo, se pueden citar, por ejemplo, un grupo hidroxilo, un grupo amino, un grupo carboxilo, un grupo sulfo y un grupo amida.

35 El grupo hidrófilo se introduce en el material de resina utilizando, por ejemplo, una resina que contiene el grupo hidrófilo, como la resina utilizada para fabricar el material de resina. Solo se requiere que la resina que contiene el grupo hidrófilo contenga al menos un grupo hidrófilo en una molécula, y cuando la resina contiene unidades recurrentes en la molécula, es preferible que cada una de las unidades recurrentes contenga al menos un grupo hidrófilo.

40 En el material resistente a la erosión 20, es más preferible que el ángulo de contacto de gota de agua en una superficie 20a con la que colisiona la partícula en colisión 40, es decir, una superficie 20a que tiene la porción continua 21 y las porciones discontinuas 22, es 80 grados o menos. Para establecer el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie de 20a a 80 grados o menos, mejora aún más la resistencia a la erosión.

45 Un diámetro promedio de partícula de las partículas que forman las porciones discontinuas 22 es preferentemente 10 μm o menos, más preferentemente 7 μm o menos, aún más preferentemente 6 μm o menos, y particularmente preferentemente 0,5 μm o menos. Aunque un valor límite inferior del diámetro promedio de partícula no está particularmente limitado, normalmente es de aproximadamente 10 nm.

50 La dureza superficial del material que forma las porciones discontinuas 22 se basa en la dureza Rockwell (escala M), preferentemente 130 o menos, y más preferentemente 100 o menos.

55 El módulo de Young del material que forma las porciones discontinuas 22 es preferentemente 100 MPa o menos, más preferentemente 10 MPa o menos, aún más preferentemente 5 MPa o menos, y particularmente

ES 2 745 676 T3

preferentemente 3 MPa o menos. Aunque un valor límite inferior del módulo de Young del material que forma las porciones discontinuas 22 no está necesariamente limitado, normalmente es de aproximadamente 0,1 MPa.

5 Un material de composición de las porciones discontinuas 22 es preferentemente un material que tiene elasticidad de caucho, y es preferentemente caucho tipo núcleo-coraza, caucho sólido, caucho líquido, o similares.

10 Una proporción de contenido de las porciones discontinuas 22, en el total de la porción continua 21 y las porciones discontinuas 22, es preferentemente 1% en volumen o más, más preferentemente 5% en volumen o más, aún más preferentemente 10% en volumen o más, y particularmente preferentemente 15% en volumen o más. Además, la proporción de contenido de las porciones discontinuas 22, en el total de la porción continua 21 y las porciones discontinuas 22, es preferentemente 40% en volumen o menos, más preferentemente 35% en volumen o menos, y aún más preferentemente 30% en volumen o menos.

15 Además, también es posible que los dos primeros materiales estén formados por partículas cuyo diámetro promedio de partícula sea de 1 μm o menos y que tengan una dureza superficial y un módulo de Young más altos que aquellas de la porción continua 21 (las porciones discontinuas 12 del material resistente a la erosión 10 de la primera realización), y un segundo material formado por partículas cuyo diámetro promedio de partícula es 20 μm o menos y que tiene la dureza superficial y el módulo de Young más bajos que aquellas de la porción continua 21 (las porciones discontinuas 22 del material resistente a la erosión 20 de la segunda realización), están contenidas como las porciones discontinuas 22. En este caso, es deseable que el primer material esté contenido en 5 a 30% en volumen, y el segundo material esté contenido en 5 a 30% en volumen. Más preferentemente, es deseable que la proporción del primer material se establezca entre 5 y 20% en volumen, y la proporción del segundo material se establezca entre 5 y 20% en volumen, para así establecer la proporción de las porciones discontinuas en su conjunto a 40% en volumen o menos.

25 Aunque no se ilustra, el material resistente a la erosión 20 puede contener fibras, de manera similar al material resistente a la erosión 10 de la primera realización. Un tipo de fibras, una proporción de contenido y similares de las fibras cuando las fibras están contenidas, son similares a las del material resistente a la erosión 10 de la primera realización.

30 Cada uno de estos materiales resistentes a la erosión se puede fabricar de la siguiente manera, por ejemplo. Primero, una resina que forma la porción continua, las partículas que forman las porciones discontinuas y un agente de curado, un agente nivelador, un agente antiespumante, un pigmento, un medio de dispersión o similares, según sea necesario, se mezclan para preparar una mezcla de materia prima. Posteriormente, la mezcla se cura. Por consiguiente, es posible fabricar cada uno de los materiales resistentes a la erosión de la primera y segunda realizaciones. Además, también es posible que la mezcla de materia prima se impregne con un material base formado por una tela tejida o no tejida, y luego se someta a curado. Esto hace posible fabricar el material resistente a la erosión que contiene fibras dentro de la porción continua.

40 Por ejemplo, cuando se usa una resina epoxídica, un agente de curado a base de amina, un agente de curado a base de anhídrido de ácido, un agente de curado a base de imidazol, un agente de curado a base de polímero-captano, un agente de curado fenólico, un ácido de Lewis como agente de curado de resina epoxídica se usa un agente de curado a base de un agente de curado a base de isocianato o similar.

45 Como el agente de curado a base de amina, se pueden citar, por ejemplo, etilendiamina, 1,3-diaminopropano, 1,4-diaminobutano, hexametildiamina, dipropilendiamina, polieterdiamina, 2,5-dimetilhexametildiamina, trimetilhexametildiamina, dietilentriamina, iminobispropilamina, bis(hexametil)triamina, trietilentetramina, tetraetilenpentamina, pentaetilenhexamina, aminoetiletanolamina, tri(metilamino)hexano, dimetilaminopropilamina, dietilaminopropilamina, metiliminobispropilamina, mentanediamina, isoforondiamina, bis(4-amino-3-metildiciclohexil)metano, diaminodiclohexilmetano, bis(aminometil)ciclohexano, N-aminoetilpiperazina, 3,9-bis(3-aminopropil)2,4,8,10-tetraoxaspiro(5,5)undecano, m-xilendiamina, metafenilendiamina, diaminodifenilmetano, diaminodifenilsulfona, diaminodietildifenilmetano, diciandiamida, dihidrazida de ácido orgánico y similares.

55 Como el agente de curado a base de anhídrido de ácido, se pueden citar, por ejemplo, anhídrido dodecenilsuccínico, anhídrido poliadípico, polianhídrido poliazelaico, anhídrido polisebácico, anhídrido poli(etil octadecanodioico), anhídrido poli(fenilhexadecanodioico), anhídrido metiltetrahidroftálico, anhídrido metilhexahidroftálico, anhídrido metilhímico, anhídrido hexahidroftálico, anhídrido tetrahidroftálico, anhídrido triaquetetrahidroftálico, anhídrido metilciclohexodicarboxílico, anhídrido ftálico, anhídrido trimelítico, anhídrido piromelítico, ácido tetracarboxílico de benzofenona, bistrimelitato de etilenglicol, tristrimelitato de glicerol, anhídrido Het, anhídrido tetrabromoftálico, anhídrido nádico, anhídrido nádico metílico, anhídrido poliazelaico y similares.

60 Como el agente de curado a base de imidazol, se pueden citar, por ejemplo, 2-metilimidazol, 2-etil-4-metilimidazol, 2-heptadecilimidazol y similares. Además, como ejemplos concretos del agente de curado a base de polímerocaptano, se pueden citar polisulfuro, tioéster y similares.

65

Una cantidad de compuesto del agente de curado de resina epoxídica se establece apropiadamente dentro de un intervalo de cantidad eficaz de acuerdo con el tipo de agente de curado y similares, y en general, es preferentemente de la mitad a dos equivalentes con respecto a un equivalente epoxídico de la resina epoxídica. Cuando la cantidad de composición es inferior a la mitad de los equivalentes, existe la posibilidad de que una reacción de curado de la resina epoxídica no progrese lo suficiente. Por otro lado, cuando la cantidad de composición excede dos equivalentes, la resistencia al calor y similares del material resistente a la erosión pueden deteriorarse.

Además, también es posible usar un acelerador de curado de resina epoxídica para acelerar o controlar la reacción de curado de la resina epoxídica. Por ejemplo, cuando se usa un agente de curado a base de anhídrido de ácido, dado que una reacción de curado del agente es más lenta que la de otro agente de curado como el agente de curado a base de amina, es preferible usar el acelerador de curado de resina epoxídica. Como un acelerador de curado para el agente de curado basado en anhídrido de ácido, se pueden citar amina terciaria o sal de la misma, compuesto de amonio cuaternario, imidazol, alcóxido de metal alcalino y similares.

Además, como medio de dispersión, es posible usar un solvente reactivo o un solvente no reactivo. El solvente reactivo es un solvente que tiene reactividad con respecto al agente de curado de resina epoxídica, y como solvente, se puede citar un compuesto orgánico que contiene uno o más grupos epoxídicos por molécula, y similares. Con el uso del solvente reactivo, dado que el solvente reacciona con el agente de curado de resina epoxídica que se tomará en el producto curado de resina epoxídica, lo que da como resultado que se suprime la reducción de la resistencia al calor y similares.

Como el solvente reactivo, se pueden citar, por ejemplo, butil glicidil éter, alquilen monoglicidil éter, alquilfenol monoglicidil éter, polipropilenglicol diglicidil éter, alquilen diglicidil éter y similares.

Como el solvente no reactivo, se pueden citar, por ejemplo, tolueno, xileno, benceno, acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona, metanol, etanol, propanol, isopropanol, alcohol propílico, alcohol isopropílico, hexano, ciclohexano, ciclopentano, N-metil-2-pirrolidona, dimetilformamida, dimetilsulfóxido, acetato de etilo, acetonitrilo, éter dietílico, tetrahidrofurano, tetracloruro de carbono, diclorometano, cloroformo, clorobenceno y similares.

Una cantidad de compuesto del medio de dispersión es preferentemente de 1 a 100 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la resina epoxídica, por ejemplo. Cuando la cantidad de composición es de 1 parte en masa o más, la dispersabilidad de los materiales de carga para que sean las porciones discontinuas se puede mejorar suficientemente. Por otro lado, cuando la cantidad de composición es de 100 partes en masa o menos, se puede asegurar la resistencia al calor y similares.

La Figura 5 es una vista en sección que ilustra otro ejemplo del material resistente a la erosión que no forma parte de la presente invención.

Un material resistente a la erosión tiene una porción de material de resina que forma la porción de material de resina que tiene un grupo hidrófilo. Además, un ángulo de contacto de gota de agua sobre una superficie del material de resina que forma la porción de material de resina que tiene un grupo hidrófilo es 80 grados o menos.

De acuerdo con el material resistente a la erosión que tiene un grupo hidrófilo, dado que el material tiene el material de resina en el que el ángulo de contacto de gota de agua en su superficie se vuelve 80 grados o menos debido a la presencia de un grupo hidrófilo, la resistencia a la erosión se vuelve buena. Como grupo hidrófilo, se pueden citar un grupo hidroxilo, un grupo amino, un grupo carboxilo, un grupo sulfo y un grupo amida, por ejemplo. El ángulo de contacto de gota de agua es preferentemente de 75 grados o menos, y más preferentemente de 70 grados o menos, ya que la resistencia a la erosión se vuelve buena. Un valor límite inferior del ángulo de contacto de gota de agua no está particularmente limitado, y aunque puede ser de 0 grados, normalmente es suficiente si el ángulo es de aproximadamente 60 grados.

Como material de resina, es preferible uno que contenga una resina que contenga un grupo hidrófilo. Como la resina que contiene el grupo hidrófilo, es preferible al menos un tipo seleccionado de una resina epoxídica, una resina fenólica, una resina de poliimida y una resina de imida de poliéster, cada una de las cuales contiene el grupo hidrófilo. Como la resina que contiene el grupo hidrófilo, la resina epoxídica que contiene el grupo hidrófilo es particularmente preferible. Solo se requiere que la resina que contiene el grupo hidrófilo contenga al menos un grupo hidrófilo en una molécula, y cuando la resina contiene unidades recurrentes en la molécula, es preferible que cada una de las unidades recurrentes contenga al menos un grupo hidrófilo. Obsérvese que también es posible que el material de resina contenga un agente de curado, un medio de dispersión, un agente de nivelación, un agente antiespumante, un pigmento o similar, según sea necesario.

El material resistente a la erosión puede ser uno que esté formado únicamente por la porción de material de resina que tiene un grupo hidrófilo, y aunque no se ilustra, el material también puede ser uno que contenga fibras dentro de la porción de material de resina que tiene un grupo hidrófilo. Como material que forma la fibra, existe Se puede citar una fibra de vidrio, una fibra de

carbono y una fibra de polímero, por ejemplo.

5 Cuando las fibras están contenidas, una proporción de contenido de las fibras en todo el material resistente a la erosión 30 es preferentemente 50% en volumen o más, más preferentemente 60% en volumen o más, y aún más preferentemente 70% en volumen o más. Por otro lado, cuando aumenta la proporción de contenido de las fibras, la resistencia a la erosión se reduce fácilmente, de modo que la proporción de contenido de las fibras en todo el material resistente a la erosión 30, es preferentemente 99% en volumen o menos, y más preferentemente 95% en volumen o menos.

10 El material resistente a la erosión 30 también puede contener porciones discontinuas 12 tales como las del material resistente a la erosión 10 dentro de la porción de material de resina 31. En este caso, el material resistente a la erosión 30 tiene una estructura similar a la del material resistente a la erosión 10. Específicamente, la porción de material de resina 31 se convierte en la porción continua 11 en el material resistente a la erosión 10. Característica favorable, material de composición, proporción de contenido y similares de las porciones discontinuas 12 cuando
15 las porciones discontinuas 12 están contenidas, son similares a las del material resistente a la erosión 10.

Además, el material resistente a la erosión 30 también puede contener porciones discontinuas 22 tales como las del material resistente a la erosión 20 dentro de la porción de material de resina 31. En este caso, el material resistente a la erosión 30 tiene una estructura similar a la del material resistente a la erosión 20. Específicamente,
20 la porción de material de resina 31 se convierte en la porción continua 21 en el material resistente a la erosión 20. La característica favorable, el material de composición, la proporción de contenido y similares de las porciones discontinuas 22 cuando las porciones discontinuas 22 están contenidas, son similares a aquellas del material resistente a la erosión 20.

25 También en el caso de que las porciones discontinuas 12 como las del material resistente a la erosión 10 o las porciones discontinuas 22 como las del material resistente a la erosión 20 estén contenidas, el ángulo de contacto de gota de agua en una superficie 30a se convierte preferentemente en 80 grados o menos. En este caso, la superficie 30a indica una superficie 30a, en el material resistente a la erosión 30, con el cual colisiona la partícula en colisión 40. Específicamente, la superficie 30a es una superficie que tiene la porción de material de resina 31,
30 y las porciones discontinuas 12 o las porciones discontinuas 22. Para establecer el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie 30a a 80 grados o menos, mejora aún más la resistencia a la erosión.

El material resistente a la erosión 30 se puede fabricar de la siguiente manera, por ejemplo. Primero, una resina que contiene un grupo hidrófilo, y un agente de curado, un agente nivelador, un agente antiespumante, un pigmento, un medio de dispersión, o similares, según sea necesario, se mezclan para preparar una mezcla de materia prima. Posteriormente, la mezcla se cura. Por consiguiente, es posible fabricar el material resistente a la erosión 30. Además, también es posible que la mezcla de materia prima se impregne con un material base formado por una tela tejida o no tejida, y luego se someta a curado. Esto hace posible fabricar el material resistente a la erosión 30 que contiene fibras. Obsérvese que con respecto a los componentes del agente de curado y similares,
40 se pueden emplear los componentes descritos anteriormente.

La aplicación del material resistente a la erosión de cada una de las realizaciones no está particularmente limitada a una en la que una partícula en colisión pueda colisionar con el material a alta velocidad. La partícula que colisiona puede estar hecha de sólido o líquido. Como la aplicación del material resistente a la erosión de cada una de las realizaciones anteriores, se puede citar, por ejemplo, un equipo industrial como un generador de turbina o un equipo nuclear, un equipo de transporte como un avión, un automóvil o un ferrocarril, y varios miembros estructurales que forman un edificio o similar. El material resistente a la erosión se usa como un miembro estructural completo o como parte del miembro estructural como se indicó anteriormente. Cuando el material se usa como parte del miembro estructural, se usa como recubrimiento que recubre y protege una superficie, por ejemplo.
50

Por ejemplo, en las proximidades de una etapa final en una turbina de baja presión de una turbina de vapor, se genera fácilmente una gota de agua debido a una reducción de la presión de vapor. La gota de agua choca con un álabe de turbina debido al flujo de vapor, para erosionar el álabe de turbina. Al usar el material resistente a la erosión de cada una de las realizaciones para toda la parte o una parte del álabe de turbina como se indicó anteriormente, es posible suprimir la erosión causada por la colisión de la gota de agua mientras se realiza la reducción de peso.
55

Ejemplos

60 En lo sucesivo, se describirán en detalle aspectos adicionales al referirse a los dibujos.

(Ejemplo 1)

65 Un material de evaluación que tiene una porción continua formada de un producto curado de resina epoxídica tipo bisfenol A (dureza de la superficie: 100 basada en la dureza Rockwell (escala M), módulo de Young: 3 GPa), y

porciones discontinuas formadas de partículas de óxido de tungsteno (dureza superficial: 1300 basada en la dureza Vickers, módulo de Young: 500 GPa), con una proporción de las porciones discontinuas en la porción continua y las porciones discontinuas cambiadas en un intervalo de 5 a 40% en volumen. El material de evaluación tiene la configuración del material resistente a la erosión.

5

Obsérvese que el material de evaluación está formado por la porción continua y las porciones discontinuas, y no contiene fibras. Un diámetro de partícula de la partícula de óxido de tungsteno que forma la porción discontinua es de aproximadamente 100 nm. La resina epoxídica tipo bisfenol A se fabrica a través de una reacción de condensación entre bisfenol A y epíclorhidrina, y tiene una unidad recurrente formada por bisfenol A y epíclorhidrina, en la que un grupo hidroxilo como grupo hidrófilo está contenido en la unidad recurrente.

10

Además, cuando se midió un ángulo de contacto de gota de agua sobre una superficie del material que forma la porción continua, fue de 88 grados. En este caso, la medición del ángulo de contacto de gota de agua se realizó de la siguiente manera. Primero, el material de evaluación se cortó en un cuadrado de 100 mm, y después de eso, el material se mantuvo en un ambiente con 50% de humedad y 55 °C de temperatura durante 12 horas, y luego se mantuvo en un ambiente con la misma humedad y 25 °C de temperatura durante 12 horas. Después de eso, el material de evaluación se colocó en un medidor de ángulo de contacto (modelo CA-2) fabricado por Kyowa Interface Science Co., Ltd., se dejó caer agua de 2 µl sobre una superficie del material de evaluación, y un ángulo de contacto del se midió la gota de agua.

15

20

Se evaluó la resistencia a la erosión del material de evaluación como se indicó anteriormente. En la evaluación, se realizó una gran cantidad de perlas de vidrio con un diámetro de partículas de aproximadamente 200 nm, como partículas en colisión, para colisionar con el material de evaluación a una presión de gas de 0,5 MPa. Además, se midió una reducción en el volumen del material de evaluación (calculado dividiendo la masa por la gravedad específica) como una cantidad de erosión. Obsérvese que la evaluación se realizó con respecto a dos casos, incluido un caso en el que el ángulo de incidencia de la partícula en colisión se estableció en 30 grados, y un caso en el que el ángulo de incidencia de la partícula en colisión se estableció en 90 grados. El ángulo de incidencia se ajustó a 0 grados cuando era paralelo a la superficie del material de evaluación, y el ángulo de incidencia se ajustó a 90 grados cuando era perpendicular a la superficie del material de evaluación. Los resultados de los mismos se presentan en la Figura 6)

25

30

Como se puede apreciar en la Figura 6, cuando el ángulo de incidencia es de 30 grados, la cantidad de erosión disminuye a medida que aumenta la proporción de contenido de las porciones discontinuas. Sin embargo, cuando la proporción de contenido supera el 30% en volumen, la cantidad de erosión ya no disminuye. Por otro lado, cuando el ángulo de incidencia es de 90 grados, la cantidad de erosión aumenta rápidamente después de que la proporción de contenido de las porciones discontinuas excede el 30% en volumen.

35

Se puede estimar que los resultados anteriores se obtienen en función de las siguientes razones.

40

Cuando el ángulo de incidencia es pequeño, se produce principalmente la erosión como la que se forma al rayarse. Se puede estimar que cuando aumenta la proporción de contenido de las porciones discontinuas, aumenta el número de las porciones discontinuas que aparecen sobre la superficie del material de evaluación, y la cantidad de erosión disminuye debido a las porciones discontinuas que aparecen sobre la superficie. Sin embargo, cuando la proporción de contenido de las porciones discontinuas excede el 30% en volumen, el número de porciones discontinuas que aparecen sobre la superficie del material de evaluación ya no aumenta. Por esta razón, se puede estimar que la cantidad de erosión ya no disminuye.

45

Por otro lado, cuando el ángulo de incidencia es grande, el impacto aplicado a las porciones discontinuas es absorbido por la porción continua. Por consiguiente, se puede estimar que la cantidad de erosión disminuye. Sin embargo, cuando la proporción de contenido de las porciones discontinuas excede el 30% en volumen, un intervalo entre las partículas mutuas que forman las porciones discontinuas se acorta, y una cantidad de la porción discontinua interpuesta entre estas partículas se vuelve pequeña. Por esta razón, se puede estimar que el impacto no se absorbe lo suficiente, lo que resulta en la creación de una estructura vulnerable al impacto.

50

La conexión de partículas se denomina fenómeno de percolación. Una proporción de volumen cuando las partículas están conectadas, es decir, un valor de umbral de percolación, es teóricamente de aproximadamente 31% en un sistema aleatorio. Existe la posibilidad de que la cantidad de erosión cuando el ángulo de incidencia sea grande sea consistente con el valor.

55

A partir de la descripción anterior, se puede entender que la proporción de contenido de las porciones discontinuas en la porción continua y las porciones discontinuas es preferentemente 40% en volumen o menos. Por consiguiente, es posible reducir la cantidad de erosión causada por el rayado cuando el ángulo de incidencia es pequeño. Además, es posible reducir la cantidad de erosión causada por el impacto cuando el ángulo de incidencia es grande. Además, dado que la porción resistente al rayado y la porción resistente al impacto están dispuestas adecuadamente sobre todo el miembro estructural, la resistencia a la erosión en todo el miembro estructural se

60

65

vuelve buena.

(Ejemplo 2)

5 Como también es evidente a partir de los resultados del ejemplo 1, cuando aumenta la proporción de contenido de las porciones discontinuas, aumenta la cantidad de erosión cuando el ángulo de incidencia es grande. Como una de sus causas principales, se puede estimar que la resistencia de unión entre la porción continua y la porción discontinua es débil, y la ruptura ocurre en una interfaz entre las porciones. Por consiguiente, para aumentar la resistencia de unión entre la porción continua y la porción discontinua, la relación de aspecto de las partículas que forman las porciones discontinuas se cambió para aumentar un área de la interfaz, para intentar de ese modo reducir la cantidad de erosión.

15 Como un material de evaluación, se fabricó uno que tiene una porción continua formada de un producto curado de resina epoxídica tipo bisfenol A (dureza de la superficie: 100 basada en la dureza Rockwell (escala M), módulo de Young: 3 GPa), y porciones discontinuas formadas de partículas esféricas de óxido de tungsteno (dureza superficial: 1300 basada en la dureza Vickers, módulo de Young: 500 GPa) cada una con un diámetro de partículas de aproximadamente 100 nm, partículas planas de silicato (dureza superficial: 500 basada en la dureza Vickers, módulo de Young: 100 GPa) cada una con un espesor de aproximadamente varios nm y un radio de aproximadamente 100 nm, o partículas de óxido de titanio en columna (dureza superficial: 1600 basada en la dureza Vickers, módulo de Young: 300 GPa) cada una con un diámetro de aproximadamente 15 nm y una longitud de aproximadamente 20 a 100 nm, con una proporción de contenido de las porciones discontinuas en la porción continua y las porciones discontinuas del 20% en volumen. Obsérvese que, de acuerdo con los tipos de partículas, se prepararon tres tipos de una resina compuesta de óxido de tungsteno esférica, una resina compuesta de silicato plano y una resina compuesta de óxido de titanio en columna como materiales de evaluación.

25 Se evaluó la resistencia a la erosión de estos materiales de evaluación. En la evaluación, se fabricó una gran cantidad de perlas de vidrio (sólidas) que tenían un diámetro de partículas de aproximadamente 100 nm, o una gran cantidad de gotas de agua (líquido) cada una con un diámetro de partículas de aproximadamente 180 µm, como partículas en colisión, para colisionar con los materiales de evaluación en condiciones de una presión de gas de 0,5 MPa y un ángulo de incidencia de las partículas en colisión de 90 grados. Además, se midió una reducción en la masa de cada uno de los materiales de evaluación como una cantidad de erosión. Además, para la comparación, se realizó una medición similar con respecto a un material que no contiene las porciones discontinuas y, por lo tanto, está formado únicamente por la porción continua (resina no compuesta). Los resultados de los mismos se presentan en la Figura 7)

35 Como es evidente a partir de la Figura 7, en la resina compuesta de silicato plano y la resina compuesta de óxido de titanio en columna, cada una con la gran relación de aspecto de las partículas que forman las porciones discontinuas, la cantidad de erosión cuando el ángulo de incidencia es grande se reduce, en comparación con la resina no compuesta o la resina compuesta esférica de óxido de tungsteno.

40 (Ejemplo 3)

45 Se fabricó una pluralidad de materiales de evaluación, cada uno de los cuales tiene una porción continua formada a partir de un producto curado de resina epoxídica tipo bisfenol A (dureza superficial: 100 basada en la dureza Rockwell (escala M), módulo de Young: 3 GPa), y porciones discontinuas formadas de partículas de caucho tipo núcleo-coraza (dureza de la superficie: 60 basada en la dureza Shore A, módulo de Young: 1 MPa), con una proporción de contenido de las porciones discontinuas en la porción continua y las porciones discontinuas cambiadas en un intervalo de 5 a 40% en volumen. Cada uno de los materiales de evaluación tiene la configuración del material resistente a la erosión de la segunda realización. Obsérvese que cada uno de los materiales de evaluación está formado por la porción continua y las porciones discontinuas, y no contiene fibras. Además, la partícula que forma la porción discontinua tiene un diámetro de partícula de aproximadamente 500 nm.

55 Se evaluó la resistencia a la erosión de los materiales de evaluación como se indicó anteriormente. En la evaluación, se hizo que una gran cantidad de gotas de agua con un diámetro de partículas de aproximadamente 180 µm, como partículas en colisión, colisionaran con los materiales de evaluación a aproximadamente 240 m/s. Además, se midió una reducción en la masa de cada uno de los materiales de evaluación como una cantidad de erosión. La evaluación se realizó ajustando el ángulo de incidencia de las partículas en colisión de 30 a 90 grados. Los resultados de los mismos se presentan en la Figura 8. Obsérvese que la Figura 8 también presenta resultados con respecto a materiales cada uno de los cuales está formado únicamente por la porción continua y no contiene las porciones discontinuas.

60 Como también es evidente a partir de la Figura 8, también cuando las porciones discontinuas están formadas por el material que tiene la dureza superficial y el módulo de Young menor que aquellas de la porción continua, la resistencia a la erosión se vuelve buena, de manera similar al caso en el que las porciones discontinuas están formadas por el material que tiene la dureza de la superficie y el módulo de Young más altos que aquellas de la

porción continua. En particular, como se desprende de la Figura 8, cuando las porciones discontinuas están formadas por el material que tiene la dureza de la superficie y el módulo de Young menor que aquellas de la porción continua, la resistencia a la erosión se vuelve buena cuando el ángulo de incidencia está en el lado de ángulo alto, como 75 grados o 90 grados.

5

(Ejemplos 4 a 7, Ejemplos Comparativos 1 y 2)

Como un material de evaluación del ejemplo 4, se preparó uno obtenido curando una resina de monómero éster-acrílico que contiene al menos un grupo hidroxilo como grupo hidrófilo, y que tiene un ángulo de contacto de gota de agua en una superficie del mismo de 47 grados.

10

Como un material de evaluación del ejemplo 5, se preparó uno obtenido curando una resina epoxifenólica que contiene al menos un grupo hidroxilo como grupo hidrófilo, y que tiene un ángulo de contacto de gota de agua en una superficie del mismo de 61 grados.

15

Como un material de evaluación del ejemplo 6, se preparó uno obtenido curando una resina de monómero anhídrido-acrílico de ácido epoxídico que contiene al menos un grupo hidroxilo como grupo hidrófilo, y que tiene un ángulo de contacto de gota de agua en una superficie del mismo de 67 grados.

20

Como un material de evaluación del ejemplo 7, se preparó uno obtenido curando una resina de monómero epoxi-éster-acrílico que contiene al menos un grupo hidroxilo como grupo hidrófilo, y que tiene un ángulo de contacto de gota de agua en una superficie del mismo de 66,5 grados.

25

Como un material de evaluación del ejemplo comparativo 1, se preparó uno obtenido curando una resina de epoxi-amina que no contenía ningún grupo hidrófilo y que tenía un ángulo de contacto de gota de agua sobre una superficie del mismo de 71,5 grados.

30

Como un material de evaluación del ejemplo comparativo 2, se preparó uno obtenido curando una resina de anhídrido de ácido epoxídico que no contiene grupo hidrófilo, y que tiene un ángulo de contacto de gota de agua en una superficie del mismo de 88 grados.

35

A continuación, se evaluó la resistencia a la erosión de los materiales de evaluación de los ejemplos 4 a 7 y los ejemplos comparativos 1 y 2. En la evaluación, se hizo que una gran cantidad de gotas de agua con un diámetro de partículas de aproximadamente 200 μm , como partículas en colisión, colisionaran con los materiales de evaluación a una velocidad de aproximadamente 240 m/s durante 20 minutos. Además, se midió una reducción en la masa de cada uno de los materiales de evaluación como una cantidad de erosión. Obsérvese que la evaluación se realizó ajustando el ángulo de incidencia de las partículas en colisión a 75 grados. Los resultados de los mismos se presentan en la Figura 9.

40

Como es evidente a partir de la Figura 9, cuando el material de resina tiene el grupo hidrófilo, y el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie del material de resina se vuelve de 80 grados o menos, la cantidad de erosión disminuye. Además, dentro de un intervalo en el que el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie del material de resina se vuelve de 80 grados o menos, la cantidad de erosión disminuye a medida que el ángulo de contacto de gota de agua se vuelve pequeño. A partir de la descripción anterior, se puede entender que, al proporcionar el material de resina en el que el ángulo de contacto de gota de agua sobre la superficie del mismo es de 80 grados o menos, se puede obtener una buena resistencia a la erosión.

45

50

La Figura 10 ilustra un cambio temporal de una cantidad de erosión en el momento de establecer un ángulo de impacto de 90 grados. BR indica que un material que está formado únicamente por una resina epoxídica es un ejemplo comparativo. LS10 indica un material en el que se usa una resina epoxídica como la porción continua, y el 10% en masa de silicato plano se dispersa como las porciones discontinuas. Además, RPLS10 indica un material en el que se utiliza una resina epoxifenólica con buena humectabilidad como la porción continua, y el 10% en masa de silicato plano y el 10% en masa de partículas de caucho tipo núcleo-coraza se combinan como las porciones discontinuas. Como se desprende del dibujo, el RPLS10 en el que las partículas de silicato y de caucho tipo núcleo-coraza se dispersan en la resina con alta humectabilidad exhibe la mayor resistencia a la erosión.

55

60

Obsérvese que la gravedad específica de la resina epoxídica descrita anteriormente es de 1,1 a 1,2, la gravedad específica del silicato plano descrito anteriormente es de 1,2 y la gravedad específica de las partículas de caucho tipo núcleo-coraza descritas anteriormente es de 1,0 a 1,1. Dado que las gravedades específicas de los componentes respectivos son aproximadamente iguales a las descritas anteriormente, una proporción de cada uno de los componentes en masa se vuelve sustancialmente igual a una proporción de cada uno de los componentes en volumen. Específicamente, el LS10 descrito anteriormente contiene aproximadamente 10% en volumen de silicato plano como las porciones discontinuas. Además, el RPLS10 contiene aproximadamente el 10% en volumen de silicato plano y aproximadamente el 10% en volumen de partículas de caucho tipo núcleo-coraza.

65

Si bien se han descrito anteriormente varias realizaciones de la presente invención, estas realizaciones se han presentado a modo de ejemplo, y no pretenden limitar el alcance de la invención. Dichas realizaciones y modificaciones están incluidas en el alcance de la invención descrita en las reivindicaciones adjuntas.

5 Explicación de los signos de referencia

10 ... material resistente a la erosión, 11 ... porción continua, 12 ... porción discontinua, 13 ... fibra, 20 ... material resistente a la erosión, 21 ... porción continua, 22 ... porción discontinua, 30 ... material resistente a la erosión, 31 ... porción de material de resina, 40 ... partícula en colisión.

10

REIVINDICACIONES

1. Un material resistente a la erosión, que comprende:
- 5 una porción continua que tiene una estructura continua e incluye un material de resina que contiene un grupo hidroxilo, teniendo el material de resina un ángulo de contacto de gota de agua de 67 grados o menos en una superficie del mismo; y
- 10 porciones discontinuas dispuestas dentro de la porción continua y que son discontinuas entre sí, incluyendo las porciones discontinuas primeras partículas de una cerámica y segundas partículas de un caucho tipo núcleo-coraza,
- 15 teniendo las primeras partículas un diámetro promedio de partícula de 1 µm o menos, una dureza superficial mayor que la de la porción continua, y un módulo de Young mayor que el de la porción continua, y
- 20 teniendo las segundas partículas un diámetro promedio de partícula de 20 µm o menos, una dureza superficial menor que la de la porción continua y un módulo de Young menor que el de la porción continua.
2. El material resistente a la erosión de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una relación de aspecto de las primeras partículas es de 5 o más.
3. El material resistente a la erosión de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,
- 25 en el que la cerámica incluye al menos uno de óxido de aluminio, óxido de titanio, óxido de tungsteno y mineral de silicato estratificado.
4. El material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
- 30 en el que una relación de volumen de las porciones discontinuas respecto al volumen del total de la porción continua y las porciones discontinuas no es menor que 1% en volumen ni mayor que 40% en volumen.
5. El material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el material de resina incluye al menos uno de una resina epoxídica, una resina fenólica, una resina de polimida y una resina de imida de poliéster.
- 35 6. El material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que además comprende fibras dentro de la porción continua.
7. El material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
- 40 en el que las fibras incluyen al menos una de una fibra de vidrio, una fibra de carbono y una fibra de polímero.
8. El material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,
- 45 en el que la relación de volumen de las fibras respecto al volumen del total de la porción continua, las porciones discontinuas y las fibras no es menor que 1% en volumen ni mayor que 40% en volumen.
9. El material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el ángulo de contacto de gota de agua es de 61 grados o menos.
10. Un álabe de turbina, que comprende:
- 50 un cuerpo de álabe de turbina que tiene una superficie; y una película sobre la superficie, incluyendo la película el material resistente a la erosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
- 55

FIG. 1

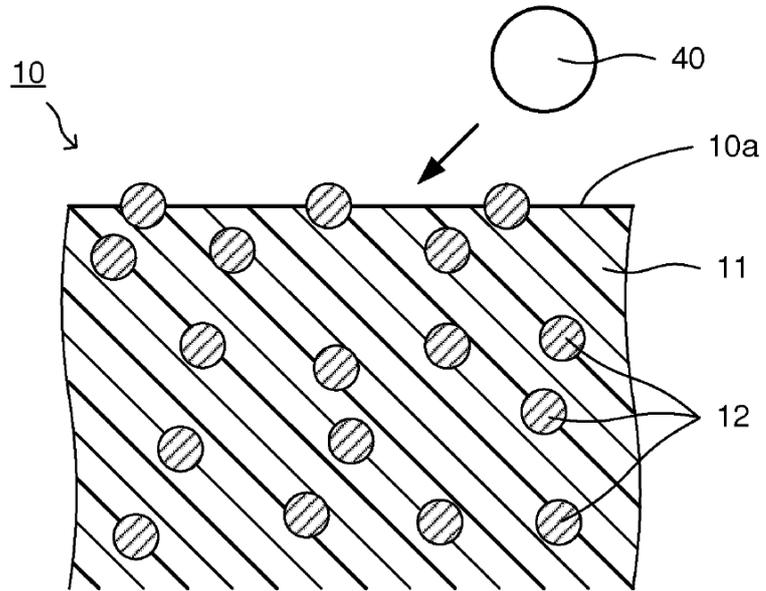


FIG. 2

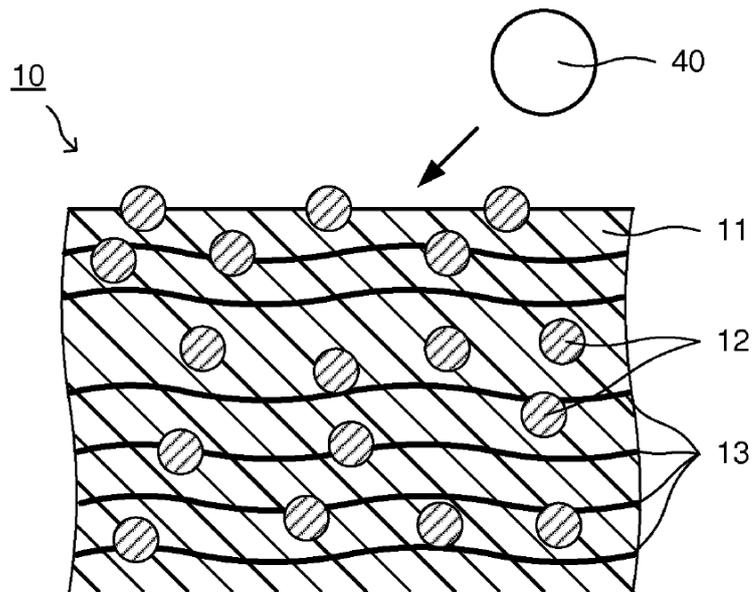


FIG. 3

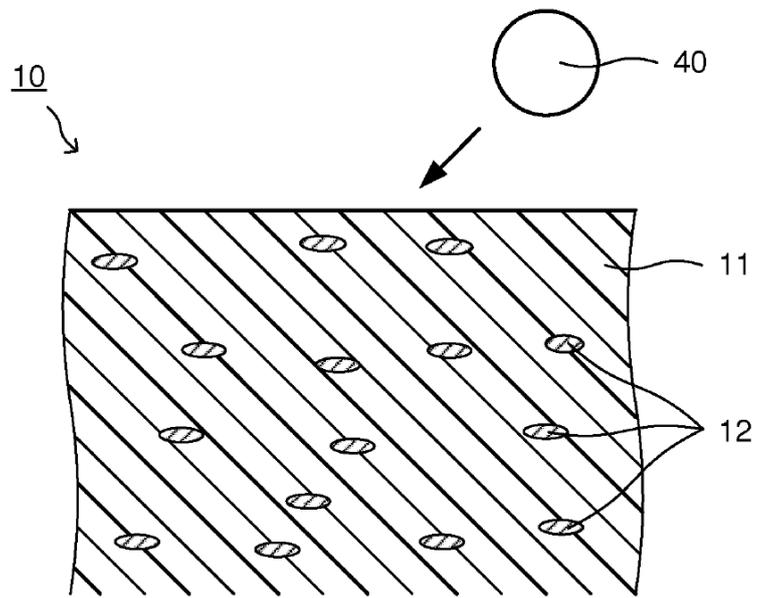


FIG. 4

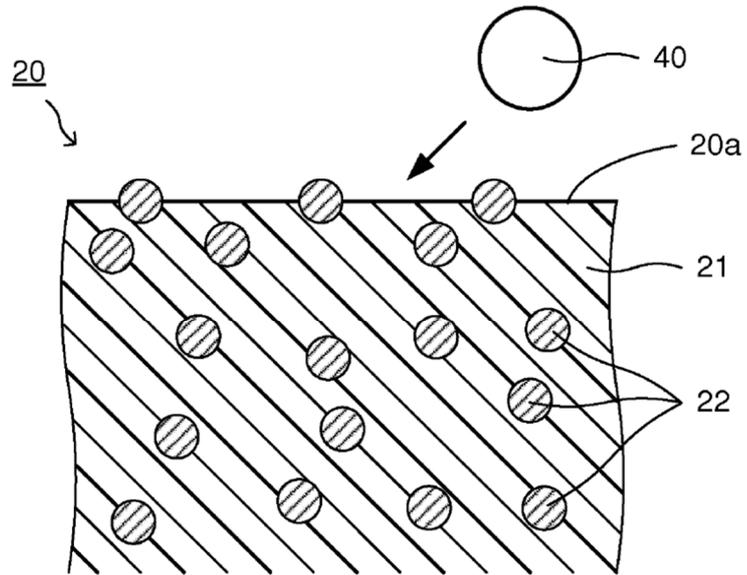


FIG. 5

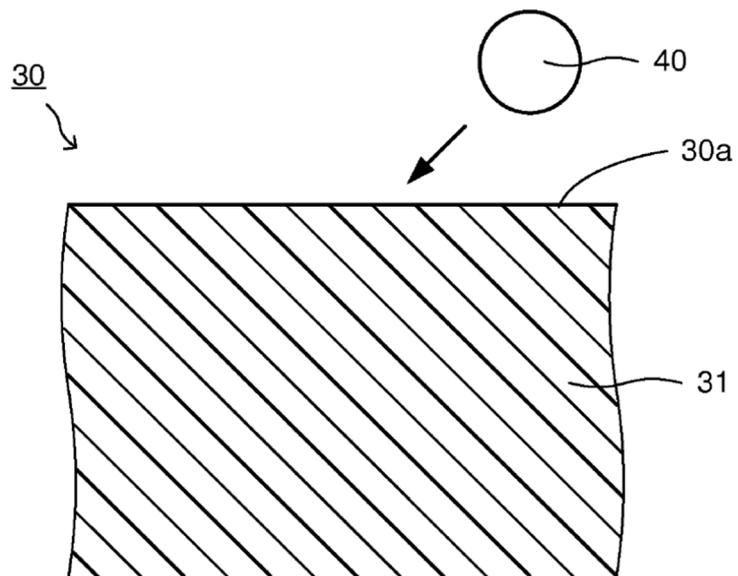


FIG. 6

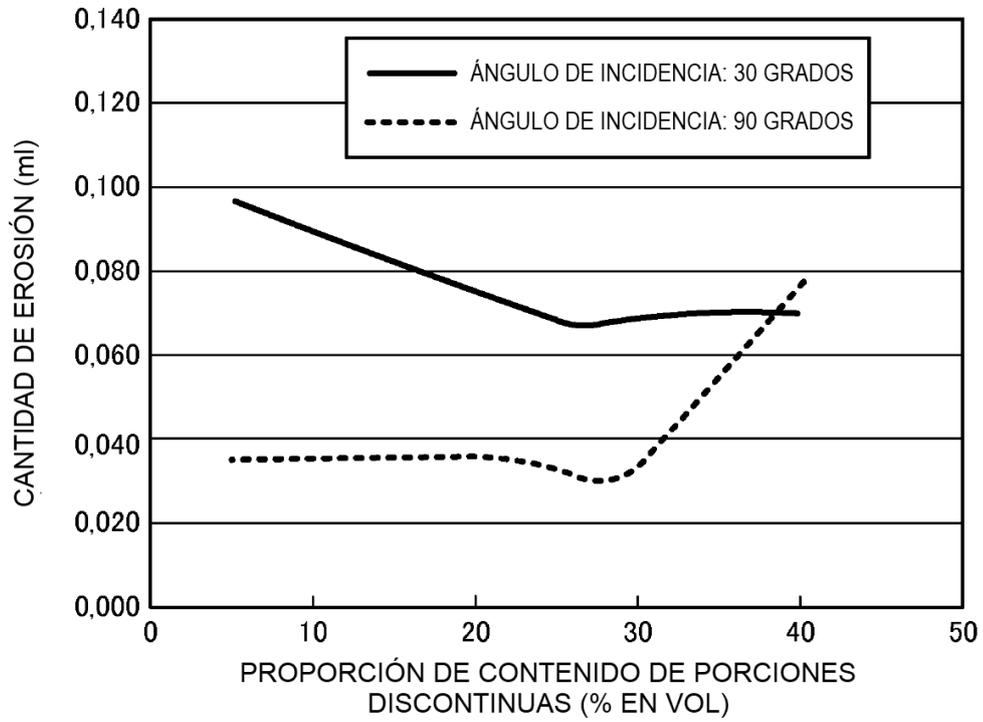


FIG. 7

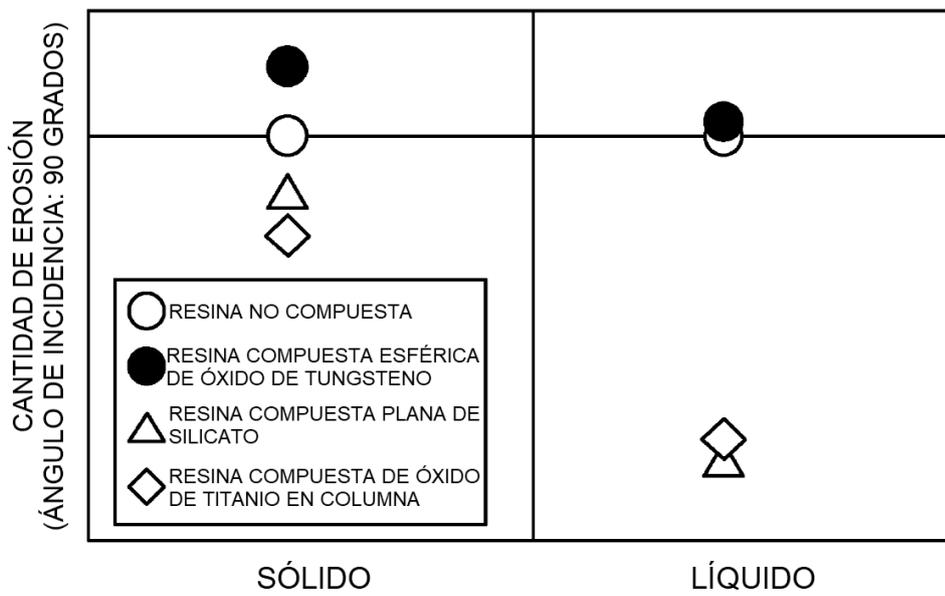


FIG. 8

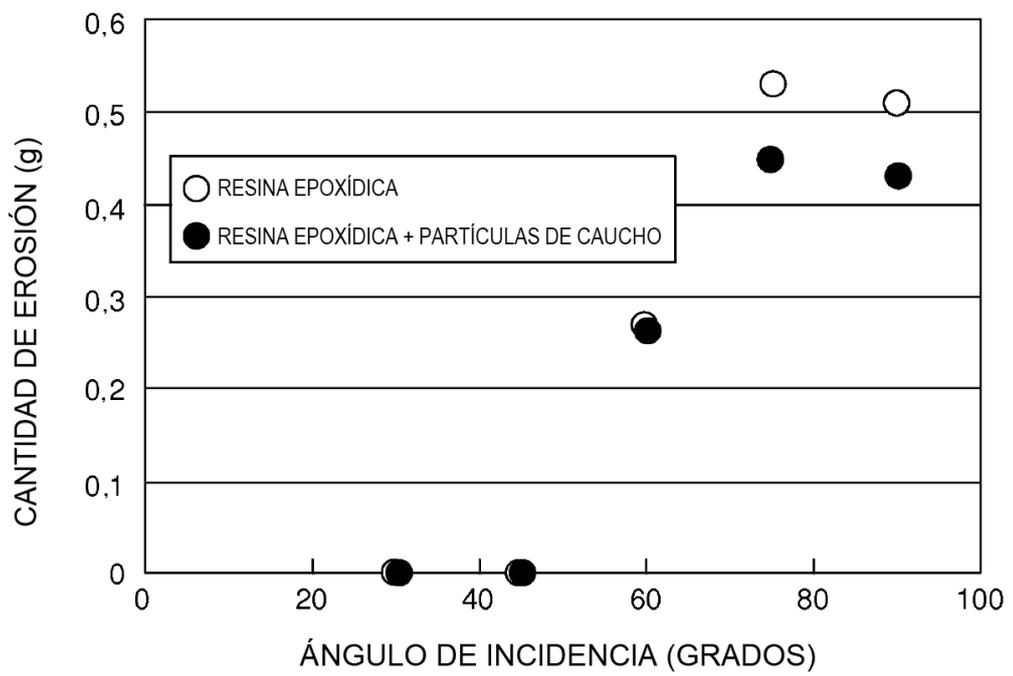


FIG. 9

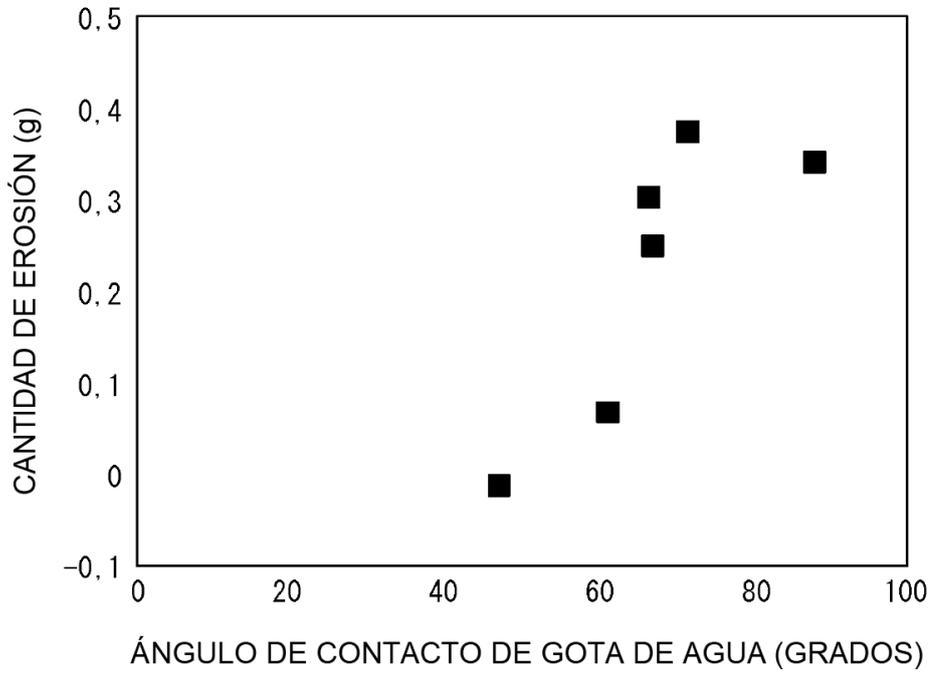


FIG. 10

