

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 875**

51 Int. Cl.:

C23F 1/16 (2006.01)
C23G 1/10 (2006.01)
C23G 1/12 (2006.01)
C23F 1/26 (2006.01)
C23F 3/06 (2006.01)
C23F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2013 E 13159390 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2015 EP 2662475**

54 Título: **Método para remover una capa afectada por trabajo formada sobre la superficie de una aleación a base de TiAl mediante trabajo mecanizado**

30 Prioridad:

09.05.2012 JP 2012107713

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

14.07.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KAMIOKA, TAISUKE

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 540 875 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

Método para remover una capa afectada por trabajo formada sobre la superficie de una aleación a base de TiAl mediante trabajo mecanizado

5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a un método para remover una capa afectada por trabajo, y se refiere particularmente a un método para remover una capa afectada por trabajo formada sobre la superficie de una aleación a base de TiAl mediante trabajo mecanizado.

10

[Técnica anterior]

Convenientemente, las aleaciones a base de Ni se han usado como material base para las aspas del motor de las aeronaves, pero en los últimos años ha sido posible el uso de aleaciones a base de TiAl, que exhiben una alta resistencia específica.

15

Sin embargo, como se divulga en la Cita de Patente 1, las aleaciones a base de TiAl exhiben una mala conformabilidad y son difíciles de cortar. Además, las aleaciones a base de TiAl son más frágiles que las aleaciones a base de Ni, y tienden a ser propensos a la generación de una capa afectada por trabajo sobre la superficie trabajada cuando se realiza trabajos mecanizados tal como corte o trituración.

20

Una capa afectada por trabajo posee dureza aumentada en comparación al material base, y por lo tanto la superficie de una aleación a base de TiAl con una capa afectada por trabajo formada sobre ella tiende a ser propensa a quebrarse.

25

[Listado de citas]

[Literatura de patente]

30

Cita de patente 1: Solicitud de patente japonesa no examinada, N.º de publicación Hei 6-269927 (párrafo [0003])

[Divulgación de la invención]

35 [Problema técnico]

Se tienen en cuenta ahora las condiciones de mecanización que no dan por resultado la formación de una capa afectada por trabajo, salvo con la tecnología actual, donde es difícil realizar el trabajo mecanizado con absolutamente ninguna formación de una capa afectada por trabajo. Además, no se ha desarrollado técnica alguna para remover eficazmente una capa afectada por trabajo formada en la superficie de una aleación a base de TiAl.

40

En los casos donde se forma una capa afectada por trabajo sobre la superficie de una aleación a base de TiAl, puede usarse un método para remover la capa afectada por trabajo mediante la inmersión de la aleación en una solución mordiente. Sin embargo, cuando se sumerge una aleación a base de TiAl en una solución mordiente, tienden a generarse defectos tales como grandes orificios de erosión y fisuras que poseen un efecto adverso sobre el material base.

45

La presente invención ha sido desarrollada a la luz de estas circunstancias, y tiene el objetivo de proporcionar un método para remover una capa afectada por trabajo formada sobre la superficie trabajada de una aleación a base de TiAl (material base) mediante trabajo mecanizado, sin ejercer ningún efecto adverso sobre el material base.

50

[Solución al problema]

A fin de lograr el objetivo anteriormente mencionado, la presente invención proporciona un método para remover una capa afectada por trabajo, incluyendo el método un paso de sumergir una aleación a base de TiAl que tiene una capa afectada por trabajo formada en su superficie mediante trabajo mecanizado en una solución mordiente que contiene concentraciones predeterminadas de ácido fluorhídrico y ácido nítrico, donde dentro de la solución mordiente, la concentración del ácido fluorhídrico no es menor a 5 g/L ni mayor a 56 g/L, y la concentración del ácido nítrico se selecciona dentro de un intervalo de no menos que 50 g/L a no más de 260 g/L de acuerdo con una combinación de la concentración del ácido fluorhídrico dentro de la solución mordiente y la temperatura del tratamiento de mordentado.

55
60

Dentro de la capa afectada por trabajo, los granos se han movido y comprimido, significando que los límites de los granos están más cercanos. Como resultado, el mordentado que se origina en los límites de granos tiende a ocurrir inmediatamente. En la presente invención, al utilizar una solución mordiente que contiene ácido fluorhídrico y ácido nítrico en una proporción predeterminada, puede suprimirse la ocurrencia de efectos de superficie tales como

65

grandes orificios de erosión y fisuras que tienen efecto adverso sobre el material base, mientras que la capa afectada por trabajo preferentemente se elimina.

5 En un aspecto de la invención anteriormente descrita, se prefiere que el ácido fosfórico sea también agregado a la solución mordiente. Al emplear este aspecto, la superficie del material base luego del tratamiento de mordentado puede proporcionarse con un acabado más suave.

[Efectos de la invención]

10 De acuerdo con la presente invención, puede removerse eficazmente una capa afectada por trabajo sin dañar el material base.

[Breve descripción de los dibujos]

15 [FIG. 1] Fotografía en sección transversal de un material base que ha sido cortado de acuerdo con un ejemplo.

[FIG. 2] Un diagrama que ilustra la distribución de la dureza de una capa afectada por trabajo y un material base.

20 [FIG. 3] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego del tratamiento de mordentado en una solución mordiente A.

[FIG. 4] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego del tratamiento de mordentado en una solución mordiente B.

25 [FIG. 5] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego del tratamiento de mordentado en una solución mordiente C.

[FIG. 6] Diagrama esquemático que ilustra el enmascaramiento de media pieza de prueba.

30 [FIG. 7] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba con el enmascaramiento removido tras un tratamiento de mordentado.

[FIG. 8] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 1.

35 [FIG. 9] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 2.

40 [FIG. 10] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 3.

[FIG. 11] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 4.

45 [FIG. 12] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 5.

[FIG. 13] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 6.

50 [FIG. 14] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) de acuerdo con las condiciones 8.

55 [FIG. 15] Un diagrama que ilustra el efecto de la relación entre la concentración de ácido fluorhídrico y la concentración de ácido nítrico sobre la estructura luego del tratamiento de mordentado (35 °C).

[FIG. 16] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente de un ejemplo comparativo.

60 [FIG. 17] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (50 °C) de acuerdo con las condiciones 9.

[FIG. 18] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (50 °C) de acuerdo con las condiciones 10.

65

[FIG. 19] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (50 °C) de acuerdo con las condiciones 11.

5 [FIG. 20] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (50 °C) de acuerdo con las condiciones 12.

[FIG. 21] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (50 °C) de acuerdo con las condiciones 13.

10 [FIG. 22] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (50 °C) de acuerdo con las condiciones 14.

[FIG. 23] Un diagrama que ilustra el efecto de la relación entre la concentración de ácido fluorhídrico y la concentración de ácido nítrico sobre la estructura luego del tratamiento de mordentado (50 °C).

15 [FIG. 24] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (65 °C) de acuerdo con las condiciones 15.

20 [FIG. 25] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (65 °C) de acuerdo con las condiciones 16.

[FIG. 26] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (65 °C) de acuerdo con las condiciones 17.

25 [FIG. 27] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (65 °C) de acuerdo con las condiciones 18.

[FIG. 28] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (65 °C) de acuerdo con las condiciones 19.

30 [FIG. 29] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (65 °C) de acuerdo con las condiciones 20.

[FIG. 30] Un diagrama que ilustra el efecto de la relación entre la concentración de ácido fluorhídrico y la concentración de ácido nítrico sobre la estructura luego del tratamiento de mordentado (65 °C).

35 [FIG. 31] Fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en una solución mordiente (35 °C) que contiene ácido fosfórico.

40 [Mejor modo de llevar a cabo la invención]

El método para remover una capa afectada por trabajo de acuerdo con la presente invención se aplica a componentes de motor de aeronaves tales como las turbinas del motor.

45 Una realización del método para remover una capa afectada por trabajo de acuerdo con la presente invención se describe a continuación con referencia a los dibujos.

[Primera realización]

50 En la presente realización, un material base que posee una capa afectada por trabajo formada sobre la superficie como resultado del trabajo mecanizado, tal como corte o trituración, se sumerge en una solución mordiente, removiendo de aquel modo la capa afectada por trabajo formada sobre la superficie.

55 El material base es una aleación a base de TiAl que posee una estructura laminar completa. El espesor de la capa afectada por trabajo es de 5 µm a 20 µm.

El material base sobre el cual se forma la capa afectada por trabajo se somete a un pre-tratamiento adecuado tal como una limpieza ultrasónica o limpieza alcalina antes de su inmersión en la solución mordiente.

60 La solución mordiente se forma como una solución acuosa que contiene proporciones predeterminadas de ácido fluorhídrico (HF) y ácido nítrico (HNO₃). La concentración de ácido fluorhídrico dentro de la solución mordiente no es menor a 5 g/L ni mayor a 56 g/L. La concentración de ácido nítrico dentro de la solución mordiente se selecciona dentro de un intervalo de no menos de 50 g/L a no más de 260 g/L de acuerdo con una combinación de la concentración de ácido fluorhídrico dentro de la solución mordiente y la temperatura de la solución mordiente durante el tratamiento de mordentado.

65

La temperatura de la solución mordiente está dentro de un intervalo de 20 °C a 40 °C. La velocidad de mordentado está dentro de un intervalo de 1 µm/minuto a 15 µm/minuto.

5 La solución mordiente puede incluir otros componentes normalmente contenidos dentro de los reactivos comercializados como ácido fluorhídrico y ácido nítrico.

Además, la solución mordiente puede contener también ácido fosfórico.

10 La cantidad de ácido nítrico en la solución mordiente es normalmente de 4 a 45 veces (en peso) la cantidad de ácido fluorhídrico.

15 Por ejemplo, cuando la temperatura de solución mordiente se fija en 35 °C, la cantidad de ácido nítrico en la solución mordiente es normalmente 4 a 45 veces (en peso), preferentemente 4,5 veces a 22,5 veces (en peso), y más preferentemente 4,5 veces a 9 veces (en peso), la cantidad de ácido fluorhídrico.

20 Por ejemplo, cuando la temperatura de la solución mordiente se fija en 50 °C, la cantidad de ácido nítrico en la solución mordiente es normalmente 4,5 veces a 45 veces (en peso), preferentemente 4,5 veces a 22,5 veces (en peso), y más preferentemente 9 veces a 22,5 veces (en peso), la cantidad de ácido fluorhídrico. Sin embargo, si se usa una proporción de 4,5 veces (en peso), la concentración de ácido fluorhídrico dentro de la solución mordiente es preferentemente superior a 28 g/L.

25 Por ejemplo, cuando la temperatura de la solución mordiente se fija en 65 °C, la cantidad de ácido nítrico en la solución mordiente es normalmente 4,5 veces a 45 veces (en peso), y preferentemente 9 veces a 45 veces (en peso) la cantidad de ácido fluorhídrico.

30 Al utilizar concentraciones que satisfacen los intervalos anteriormente indicados, puede obtenerse un material base para el cual, incluso luego del tratamiento de mordentado, la profundidad del hoyo más grande (orificio de erosión) en la superficie del material base no es mayor a 10 µm, y la superficie no tiene fisuras (grietas excesivas) provocadas por el tratamiento de mordentado.

35 El tiempo durante el cual el material base sobre el cual se forma la capa afectada por trabajo se sumerge en la solución mordiente puede seleccionarse correctamente de acuerdo con el espesor de la capa afectada por trabajo. El espesor de la capa afectada por trabajo varía dependiendo de las condiciones de mecanización empeladas durante el trabajo mecanizado. Por lo tanto, puede llevarse a cabo una prueba preliminar para determinar el espesor de la capa afectada por trabajo formada al llevarse a cabo la mecanización bajo condiciones de mecanización predeterminadas, con el tiempo de tratamiento de mordentado determinado entonces basándose en la velocidad de mordentado de la solución mordiente utilizada y el espesor de la capa afectada por trabajo.

40 Luego de sumergirse en la solución mordiente, el material base puede someterse a post-tratamientos adecuados tal como neutralización, lavado con agua y secado.

<Ejemplos>

45 1. Preparación de piezas de prueba

Una aleación a base de TiAl que contiene principalmente Ti-45Al fue utilizada como el material base, y este material base se sometió a corte para preparar piezas de prueba. Para lograr el corte se utilizó un proceso de trituración.

50 La FIG. 1 es una fotografía en sección transversal (x500) de un material base que ha sido cortado bajo las condiciones descritas anteriormente. La FIG. 1 revela la formación de una capa afectada por trabajo 2 que tiene un espesor de 12 µm en la superficie mecanizada de un material base 1. La orientación de la estructura de la capa afectada por trabajo 2 difiere de la orientación de la estructura del material base 1, y es evidente que el corte se realizó en dirección desde el lado derecho de la figura hacia el lado izquierdo.

55 La FIG. 2 ilustra la distribución de la dureza para la capa afectada por trabajo y el material base. La capa afectada por trabajo 2 tiene una dureza que es al menos 1,5 veces mayor a la del material base 1.

2. Selección preliminar de la solución mordiente

60 Solución mordiente A: Se mezcló ácido nítrico (producto comprado, concentración: 61%) con ácido fluorhídrico (producto comprado, concentración: 47%) en una proporción (en volumen) de 14:1.

Solución mordiente B: Se mezcló ácido nítrico, ácido fluorhídrico y agua destilada para lograr niveles de concentración final de 185 g/L de ácido nítrico y 13 g/L de ácido fluorhídrico.

65

Solución mordiente C: Se mezcló ácido nítrico, ácido clorhídrico, cloruro férrico y agua destilada para lograr niveles de concentración final de 16 g/L de ácido nítrico, 295 g/L de ácido clorhídrico y 160 g/L de cloruro férrico.

5 Las piezas de prueba anteriormente descritas se sometieron a limpieza ultrasónica y a un tratamiento desengrasante (limpieza con acetona), y una pieza de prueba se sumergió luego en cada una de las soluciones de mordentado A a C durante 10 minutos o 30 minutos. La temperatura de la solución mordiente A era 51 °C. La temperatura de la solución mordiente B y de la solución mordiente C era 24 °C. Posteriormente, cada pieza de prueba se cortó, y se inspeccionó la sección transversal bajo un microscopio óptico (x500). Las FIG. 3 a FIG. 5 son fotografías en sección transversal de las piezas de prueba que siguen los diferentes tratamientos de mordentado. La FIG. 3 ilustra la pieza de prueba sumergida en la solución mordiente A; la FIG. 4, la pieza de prueba sumergida en la solución mordiente B; y la FIG. 5, la pieza de prueba sumergida en la solución mordiente C.

15 Basándose en las FIG. 3 a FIG. 5 es evidente que la pieza de prueba ilustrada en la FIG. 4 que fue sumergida en la solución mordiente B tenía la superficie más suave con la menor aspereza. La misma tendencia se observó cuando el tiempo de tratamiento de mordentado se fijó en 30 minutos. Estos resultados confirmaron que la solución mordiente B exhibía potencial para atacar la capa afectada por trabajo de una aleación a base de TiAl.

20 Las aleaciones a base de TiAl exhiben excelente resistencia a la corrosión. Esto es porque se forma una película de pasivado sobre la superficie de la aleación a base de TiAl. A fin de remover una capa afectada por trabajo de una aleación a base de TiAl por medio de mordentado, esta película de pasivado primero debe destruirse. Las películas de pasivado se destruyen más fácilmente en presencia de iones haluros y lo similar. El ion fluoruro contenido dentro del ácido fluorhídrico es un tipo de ion haluro. El efecto de estos iones fluoruro provoca la destrucción de la película de pasivado sobre la aleación a base de TiAl. Por lo tanto, en la solución mordiente B, se busca que la película de pasivado sea destruida por el ácido fluorhídrico, mientras la mezcla que contiene el ácido nítrico provoque el mordentado gradual posterior de la capa afectada por trabajo. Por otro lado, en el caso de la solución mordiente A, aunque la solución mordiente incluía los mismos componentes que la solución mordiente B, no fue posible obtener efectos similares. Se cree que esta observación se debe a que la concentración de ácido nítrico dentro de la solución mordiente A era demasiado alta.

30 3. Investigación de las condiciones del tratamiento de mordentado

Basándose en los resultados de las pruebas preliminares anteriormente descritas, se llevaron a cabo investigaciones sobre los efectos de las concentraciones del ácido fluorhídrico y del ácido nítrico contenidas dentro de la solución mordiente, y la temperatura de mordentado.

35 Las piezas de prueba anteriormente descritas se sometieron a limpieza ultrasónica y a un tratamiento desengrasante (limpieza alcalina), y luego la mitad de cada pieza de prueba 3 se enmascaró con una resina epoxi 4 del modo mostrado en la FIG. 6, y las piezas de prueba se sumergieron luego en una serie de soluciones de mordentado que tenían diferentes concentraciones de ácido fluorhídrico y ácido nítrico (véase la Tabla 1) durante 10 minutos o 30 minutos. La temperatura de la solución mordiente se fijó en 35 °C, 50 °C o 65 °C. Luego del tratamiento de mordentado, la resina epoxi 4 se removió de cada pieza de prueba 3, y la pieza de prueba 3 se cortó e inspeccionó bajo un microscopio óptico (x100). Desde la fotografía en sección transversal de la pieza de prueba, se midió la diferencia de altura entre la porción enmascarada y la porción desenmascarada, y se midió la cantidad de material removida de la pieza de prueba mediante mordentado (FIG. 7). Se preparó un gráfico ilustrando la relación entre el tiempo de mordentado y la cantidad de material removida por mordentado, y la velocidad de mordentado se calculó a partir de la pendiente del gráfico.

Además, una pieza de prueba 3 descrita anteriormente se sometió a mordentado del mismo modo descrito anteriormente sin enmascaramiento, y la pieza de prueba 3 luego se cortó y la sección transversal se inspeccionó bajo un microscopio óptico (x500). Además, a modo de ejemplos comparativos, las piezas de prueba anteriormente descritas se sumergieron también durante 10 minutos o 30 minutos en una solución mordiente (35 °C) compuesta de ácido fluorhídrico 80 g/L, ácido nítrico 125 g/L y agua destilada (el remanente).

55 La Tabla 1 lista las concentraciones de ácido fluorhídrico y ácido nítrico dentro de las soluciones de mordentado utilizadas cuando la temperatura de la solución mordiente era 35 °C, y lista también las velocidades de mordentado alcanzadas.

[Tabla 1]

Condiciones	Ácido fluorhídrico (g/L)	Ácido nítrico (g/L)	Velocidad de mordentado (µm/min)
1	5,6	252	1,6
2	56	252	8,4
3	5,6	0	0,9
4	28	126	3,4

5	56	126	7,3
6	28	0	3,2
7	28	252	6,2
8	10	80	3,1
Ejemplo comparativo	80	125	-

Los resultados de la Tabla 1 mostraron que a medida que la concentración del ácido fluorhídrico dentro de la solución mordiente aumentaba, la velocidad de mordentado también tendía a aumentar.

5

Las FIG. 8 a FIG. 14 son fotografías en sección transversal de las piezas de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en cada una de las soluciones de mordentado (35 °C). La FIG. 8 ilustra las condiciones 1, la FIG. 9 ilustra las condiciones 2, FIG. 10 ilustra las condiciones 3, la FIG. 11 ilustra las condiciones 4, la FIG. 12 ilustra las condiciones 5, la FIG. 13 ilustra las condiciones 6, y la FIG. 14 ilustra las condiciones 8. La FIG. 15 ilustra el efecto de la relación entre la concentración de ácido fluorhídrico y la concentración de ácido nítrico sobre la estructura luego del tratamiento de mordentado (35 °C). En la figura, las piezas de prueba en donde se observaron orificios de erosión (hoyos) o fisuras que superaban los 10 µm se registraron usando el símbolo x, las piezas de prueba en donde se observaron efectos adversos localizados en el material base se registraron usando el símbolo A, y las piezas de prueba en donde el estado de la superficie era favorable, a saber, piezas de prueba en donde no se observaron orificios de erosión (hoyos) ni fisuras que superaran los 10 µm, se registraron usando el símbolo o. Al satisfacer las condiciones consideradas favorables, puede lograrse la fuerza requerida para los componentes designados.

10

De acuerdo con las FIG. 8 a FIG. 14, se observaron orificios de erosión (hoyos) y/o fisuras que superaban los 10 µm en las piezas de prueba tratadas bajo las condiciones 3, las condiciones 5 y las condiciones 6. Por otro lado, bajo las condiciones 1, se observaron efectos adversos localizados sobre el material base. Además, las superficies de las piezas de prueba tratadas bajo las condiciones 2, las condiciones 4, las condiciones 7 y las condiciones 8 exhibieron, cada una, un estado favorable, y no se observaron orificios de erosión (hoyos) y/o fisuras que superaran los 10 µm.

20

La FIG. 16 es una fotografía en sección transversal de una pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en la solución mordiente del ejemplo comparativo. Se observaron sobre la superficie de la pieza de prueba orificios de erosión (hoyos) y fisuras que superaban los 10 µm compuestos de irregularidades de ángulo pronunciado.

25

La Tabla 2 lista las concentraciones de ácido fluorhídrico y de ácido nítrico dentro de las soluciones de mordentado utilizadas cuando la temperatura de la solución mordiente era 50 °C y lista también las velocidades de mordentado alcanzadas.

30

[Tabla 2]

Condiciones	Ácido fluorhídrico (g/L)	Ácido nítrico (g/L)	Velocidad de mordentado (µm/min)
9	28	126	8,9
10	5,6	126	3,1
11	28	252	6,6
12	56	0	10,8
13	5,6	0	1,1
14	56	252	14,7

La FIG. 17 a FIG. 22 son fotografías en sección transversal de las piezas de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en cada una de las soluciones de mordentado (50 °C). La FIG. 17 ilustra las condiciones 9, la FIG. 18 ilustra las condiciones 10, la FIG. 19 ilustra las condiciones 11, la FIG. 20 ilustra las condiciones 12, la FIG. 21 ilustra las condiciones 13, y la FIG. 22 ilustra las condiciones 14. La FIG. 23 ilustra el efecto de la relación entre la concentración de ácido fluorhídrico y la concentración de ácido nítrico en la estructura tras el tratamiento de mordentado (50 °C). En la figura, las piezas de prueba en donde se observaron orificios de erosión (hoyos) o fisuras que superaban los 10 µm se registraron usando el símbolo x, las piezas de prueba en donde se observaron efectos adversos localizados sobre el material base se registraron usando el símbolo A, y las piezas de prueba donde el estado de superficie era favorable se registraron usando el símbolo o.

40

45

De acuerdo con las FIG. 17 a FIG. 22, se observaron orificios de erosión (hoyos) y/o fisuras que superaban los 10 µm en las piezas de prueba tratadas bajo las condiciones 9, las condiciones 13 y las condiciones 12. Por otro lado, bajo las condiciones 10, se observaron efectos adversos localizados en el material base. Además, las superficies de las piezas de prueba tratadas bajo las condiciones 11 y las condiciones 14 exhibieron cada una un estado favorable, y no se observaron orificios de erosión (hoyos) y/o fisuras que superaban los 10 µm.

50

La Tabla 3 lista las concentraciones de ácido fluorhídrico y ácido nítrico dentro de las soluciones de mordentado utilizadas cuando la temperatura de la solución mordiente era 65 °C, y lista también las velocidades de mordentado alcanzadas.

5

[Tabla 3]

Condiciones	Ácido fluorhídrico (g/L)	Ácido nítrico (g/L)	Velocidad de mordentado (µm/min)
15	56	0	24,7
16	28	0	13,6
17	56	126	51
18	5,6	252	3,7
19	28	252	10,8
20	5,6	126	5,4

Las FIG. 24 a FIG. 29 son fotografías en sección transversal de las piezas de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en cada una de las soluciones de mordentado (65 °C). La FIG. 24 ilustra las condiciones 15, la FIG. 25 ilustra las condiciones 16, la FIG. 26 ilustra las condiciones 17, la FIG. 27 ilustra las condiciones 18, la FIG. 28 ilustra las condiciones 19, y la FIG. 29 ilustra las condiciones 20. La FIG. 30 ilustra el efecto de la relación entre la concentración de ácido fluorhídrico y la concentración de ácido nítrico en la estructura luego del tratamiento de mordentado (65 °C). En la figura, las piezas de prueba donde se observaron los orificios de erosión (hoyos) o las fisuras mayores a 10 µm se registraron utilizando el símbolo x, y las piezas de prueba donde el estado de superficie fue favorable se registraron utilizando el símbolo o.

De acuerdo con las FIG. 24 a FIG. 29, se observaron orificios de erosión (hoyos) y/o fisuras mayores a 10 µm en las piezas de prueba tratadas bajo las condiciones 15, las condiciones 16 y las condiciones 17. Además, las superficies de las piezas de prueba tratadas bajo las condiciones 18, las condiciones 19 y las condiciones 20 exhibieron cada una un estado favorable, y no se observaron orificios de erosión (hoyos) y/o fisuras mayores a 10 µm.

20

4. Agregado de ácido fosfórico a la solución mordiente

Una pieza de prueba descrita anteriormente se sometió a limpieza ultrasónica y a un tratamiento desengrasante (limpieza alcalina). La mitad de la pieza de prueba fue luego enmascarada con una resina epoxi, y la pieza de prueba luego se sumergió durante 90 segundos en una solución mordiente (35 °C) que tenía concentraciones finales de ácido fluorhídrico 10 g/L, ácido nítrico 80 g/L, ácido fosfórico 57 g/L y agua destilada (el remanente). Luego del tratamiento de mordentado, se removió la resina epoxi, y la pieza de prueba se cortó e inspeccionó bajo un microscopio óptico (x200). La velocidad de mordentado se calculó del mismo modo que el descrito anteriormente en la Sección 3. La velocidad de mordentado calculada fue 1,4 µm/minuto.

30

Además, una pieza de prueba descrita anteriormente fue sometida a mordentado del mismo modo que el descrito anteriormente sin enmascaramiento, y la pieza de prueba luego se cortó y la sección transversal se inspeccionó bajo un microscopio óptico (x500).

35

La FIG. 31 es una fotografía en sección transversal de la pieza de prueba luego de la inmersión durante 10 minutos en la solución mordiente (35 °C) que contiene ácido fosfórico. Basándose en la FIG. 31 es evidente que al mezclar ácido fosfórico con una solución mordiente que contiene ácido fluorhídrico y ácido nítrico en una proporción predeterminada, la superficie del material base que sigue al tratamiento de mordentado puede proporcionarse con un acabado más suave.

40

[Descripción de signos de referencia]

1 Material base

45

2 Capa afectada por trabajo

3 Pieza de prueba

50

4 Material de enmascaramiento (resina epoxi)

REIVINDICACIONES

1. Un método para remover una capa afectada por trabajo, comprendiendo el método:
- 5 un paso de sumergir una aleación a base de TiAl, que tiene una capa afectada por trabajo formada sobre una superficie de la misma mediante mecanización, en una solución mordiente que comprende concentraciones predeterminadas de ácido fluorhídrico y de ácido nítrico, donde
- 10 (i) la capa afectada por trabajo tiene un espesor en el intervalo de 5 μm a 20 μm ,
(ii) dentro de la solución mordiente,
la concentración del ácido fluorhídrico no es menor de 5 g/L ni mayor de 56 g/L, y
- 15 la concentración del ácido nítrico se selecciona dentro de un intervalo de no menos de 50 g/L a no más de 260 g/L de acuerdo con una combinación de una concentración del ácido fluorhídrico dentro de la solución mordiente y una temperatura del tratamiento de mordentado,
- 20 (iii) la temperatura de la solución mordiente está dentro de un intervalo de 20 °C a 40 °C,
(iv) la velocidad de mordentado está dentro de un intervalo de 1 $\mu\text{m}/\text{minuto}$ a 15 $\mu\text{m}/\text{minuto}$, y
(v) el tiempo de mordentado está dentro de un intervalo de desde 10 minutos a 30 minutos.
- 25 2. El método de la reivindicación 1, donde el ácido fosfórico se agrega también a la solución mordiente.

FIG. 1



FIG. 2

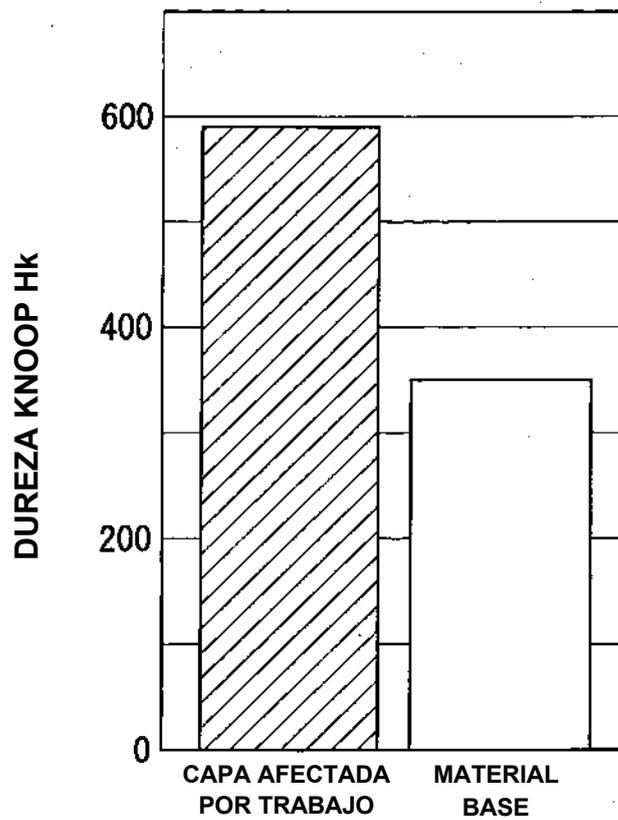


FIG. 3

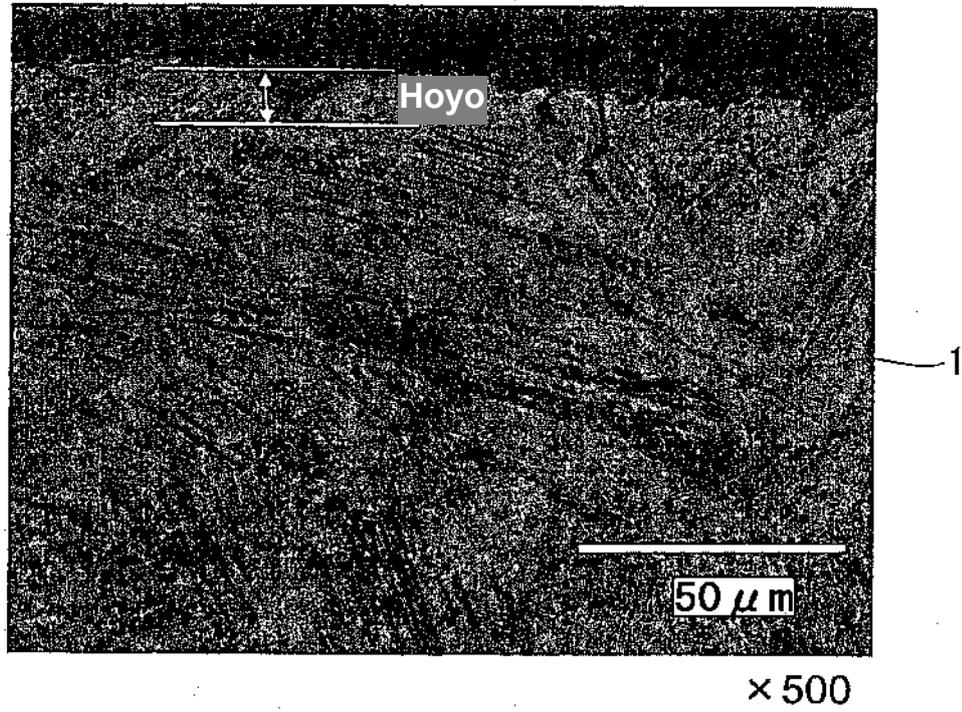


FIG. 4

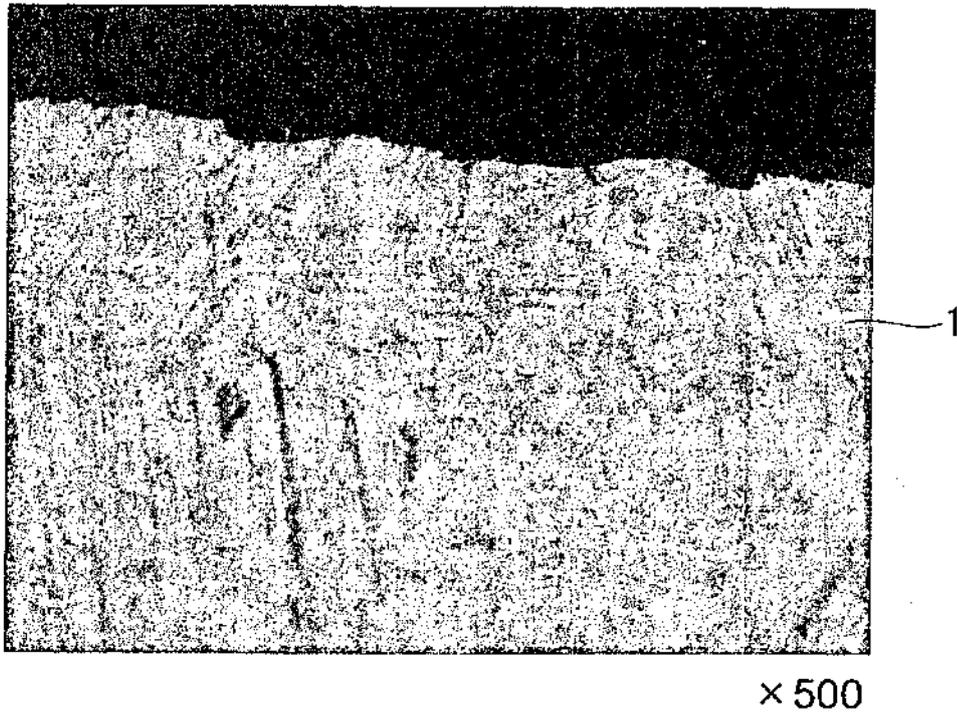


FIG. 5



FIG. 6

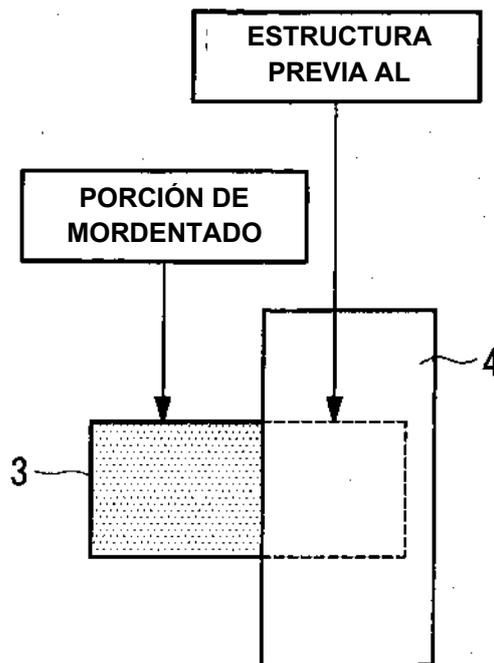


FIG. 7

ESTRUCTURA PREVIA AL MORDENTADO
(INCLUYENDO CAPA AFECTADA POR TRABAJO)



FIG. 8

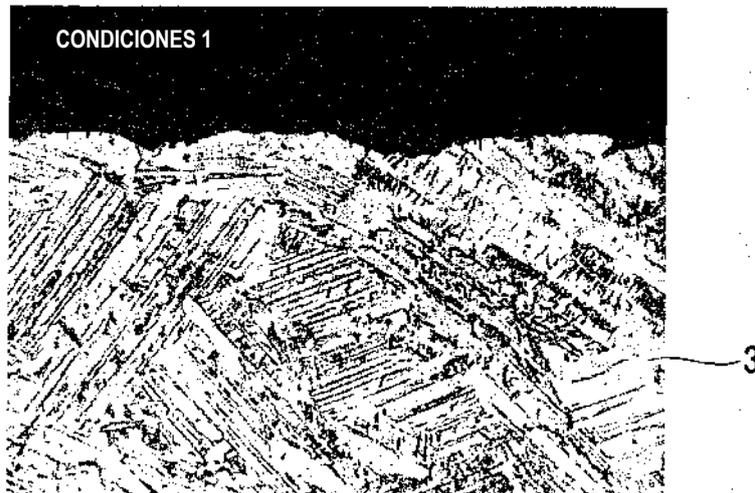


FIG. 9

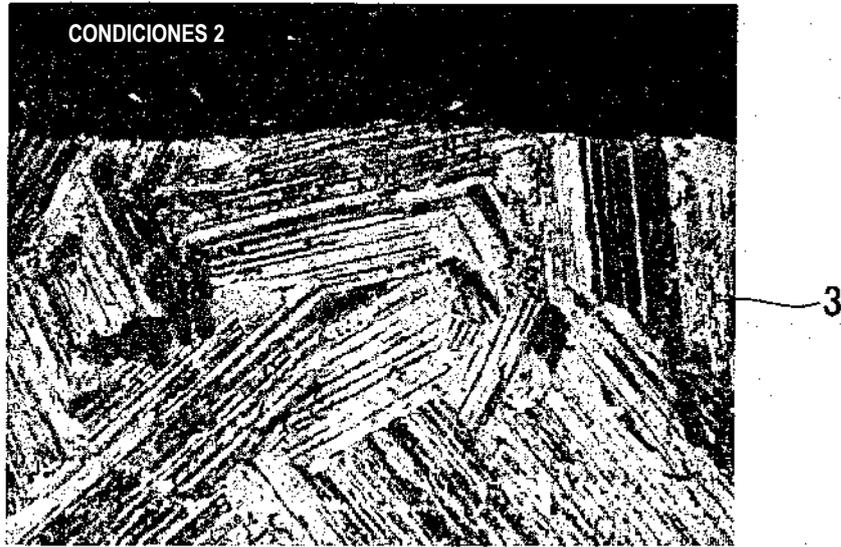


FIG. 10



FIG. 11

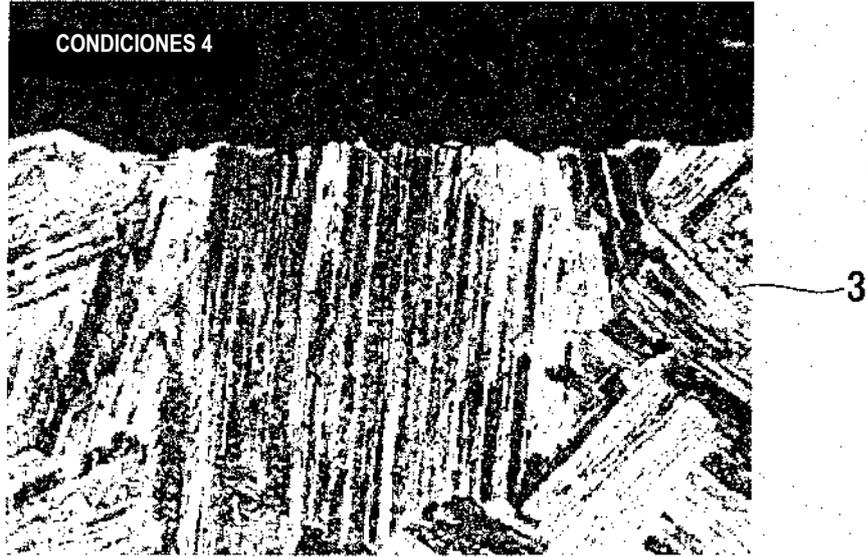


FIG. 12

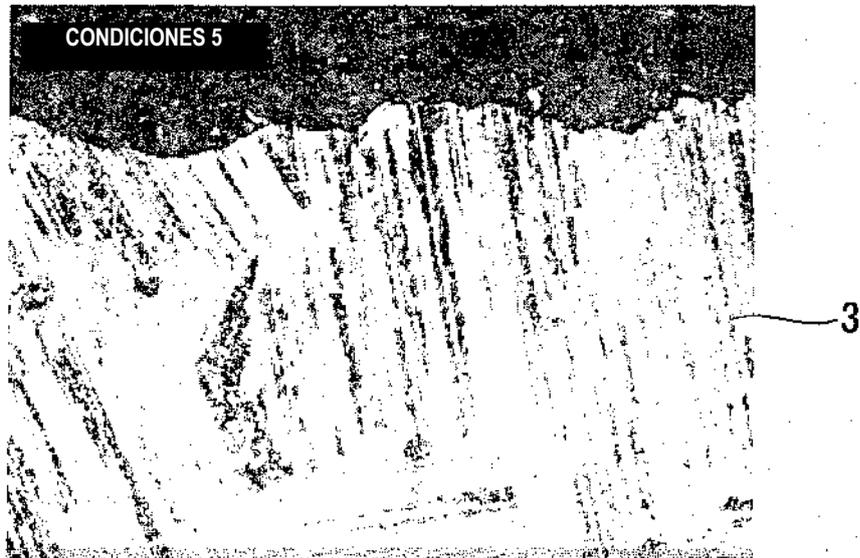


FIG. 13

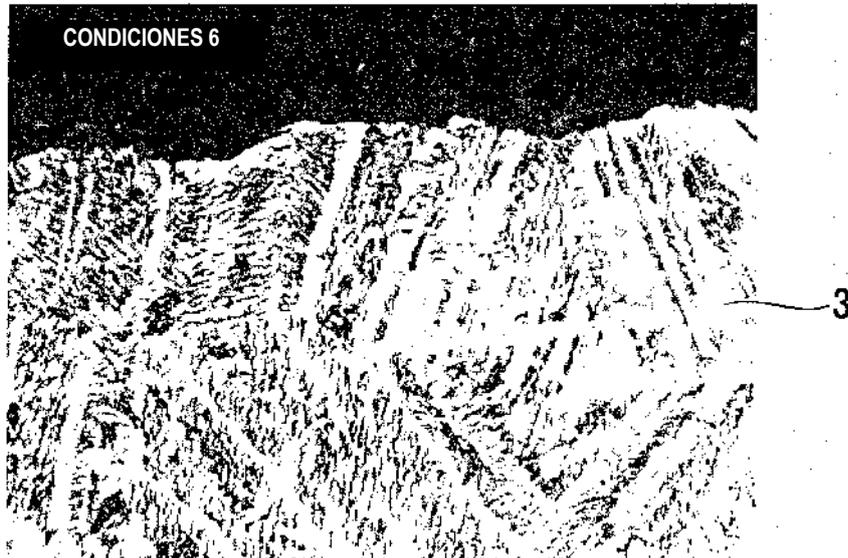


FIG. 14

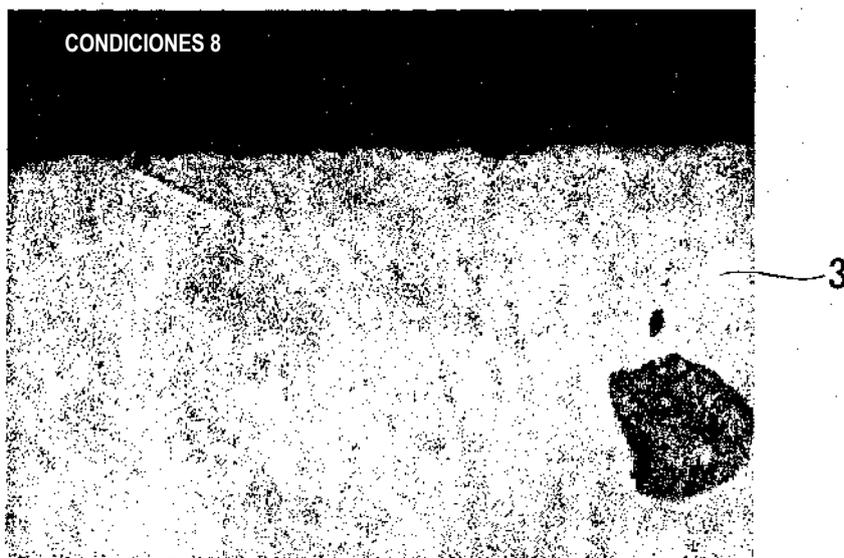


FIG. 15

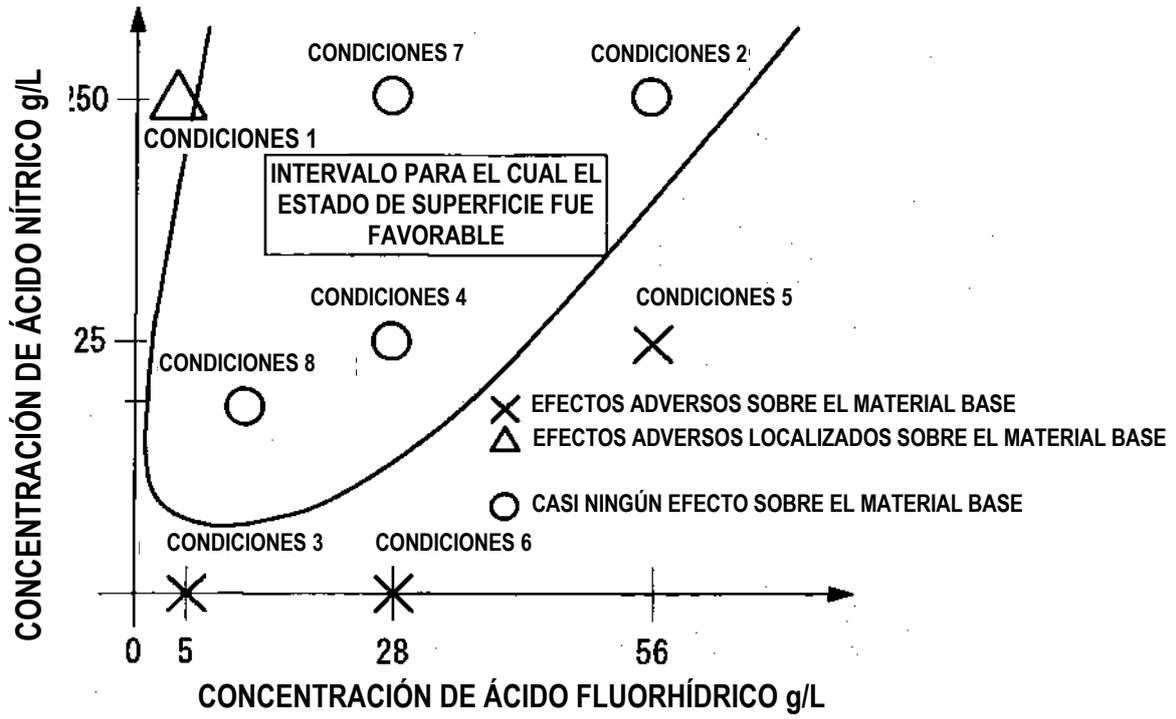


FIG. 16



FIG. 17

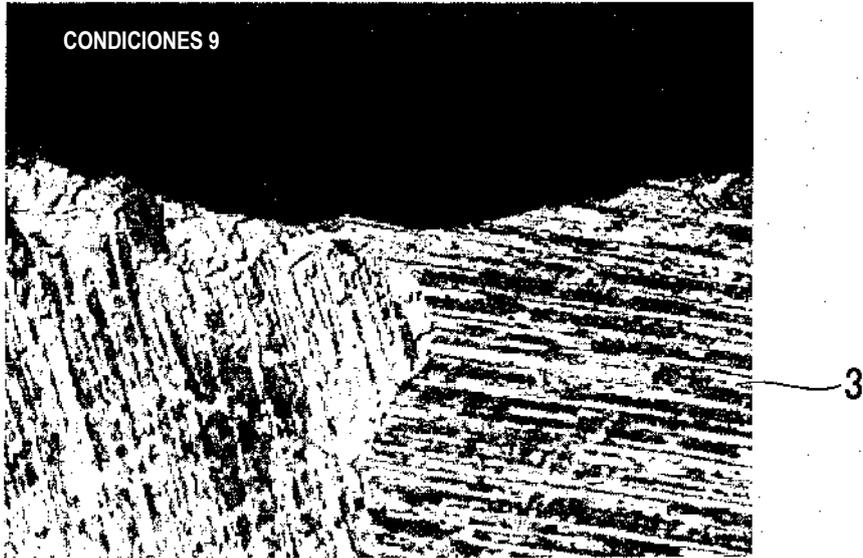


FIG. 18

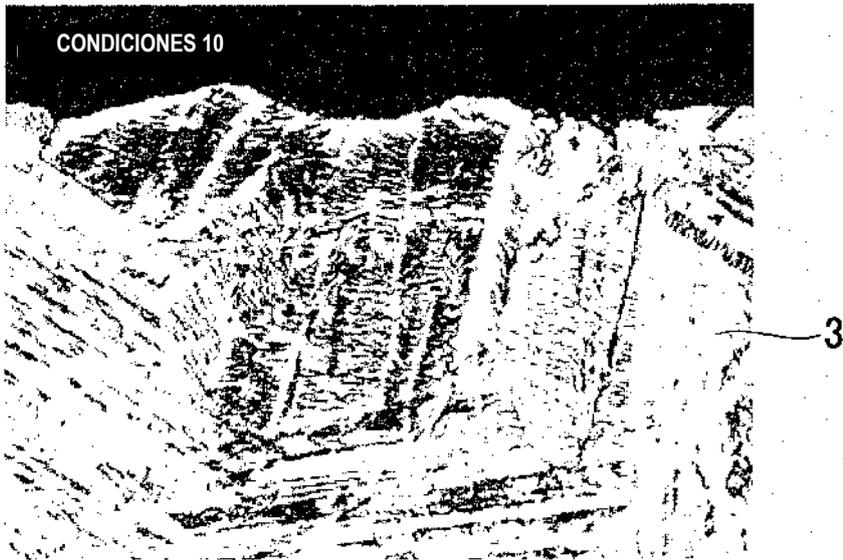


FIG. 19

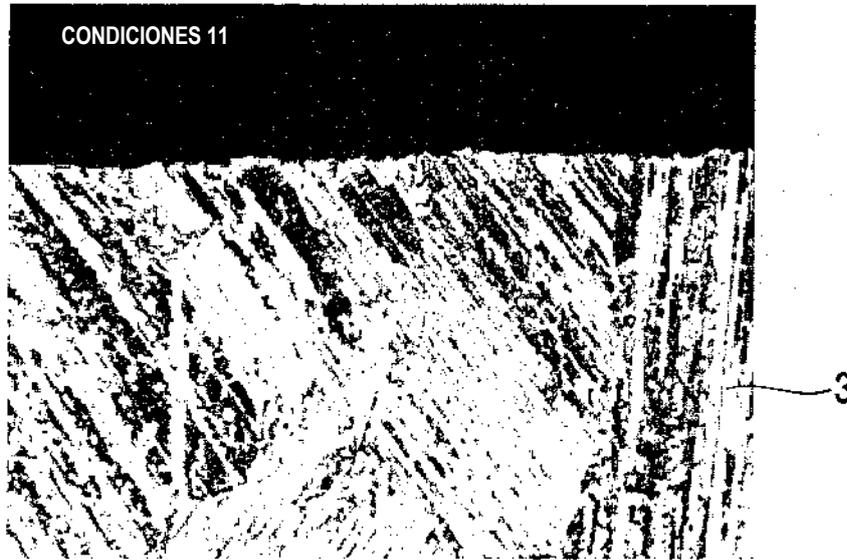


FIG. 20

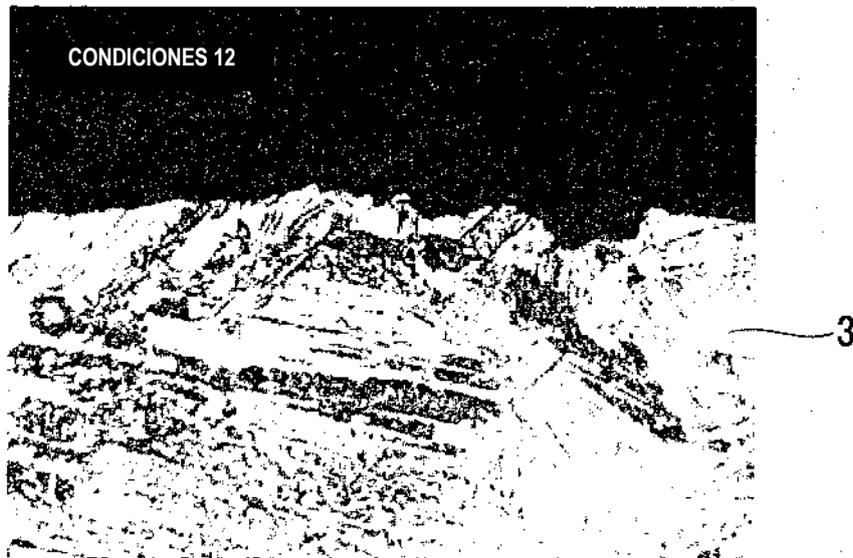


FIG. 21

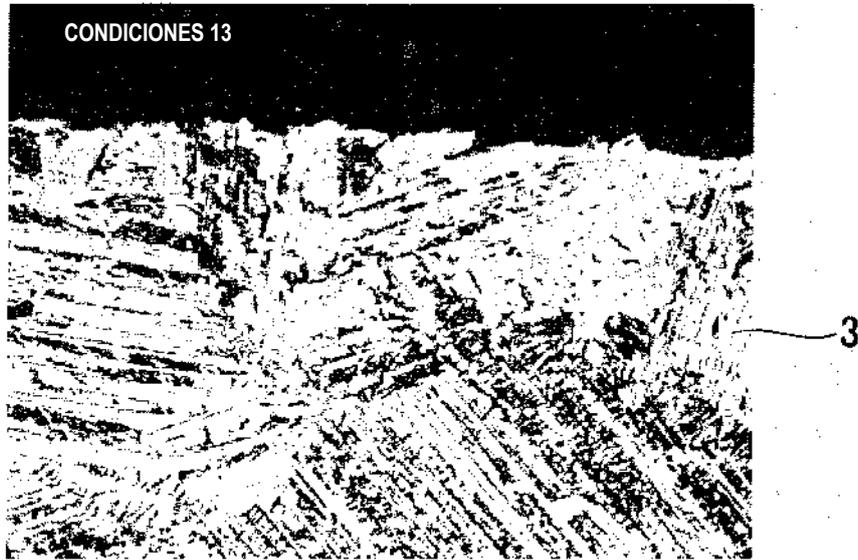


FIG. 22

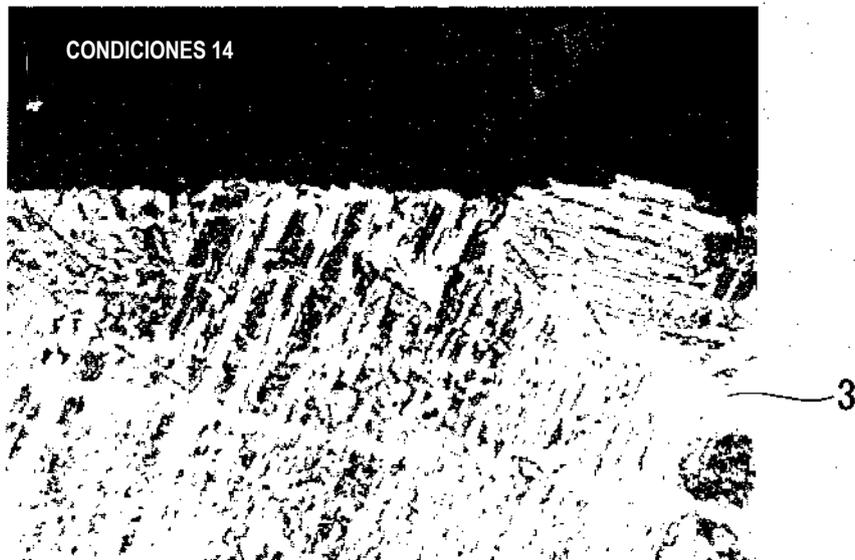


FIG. 23

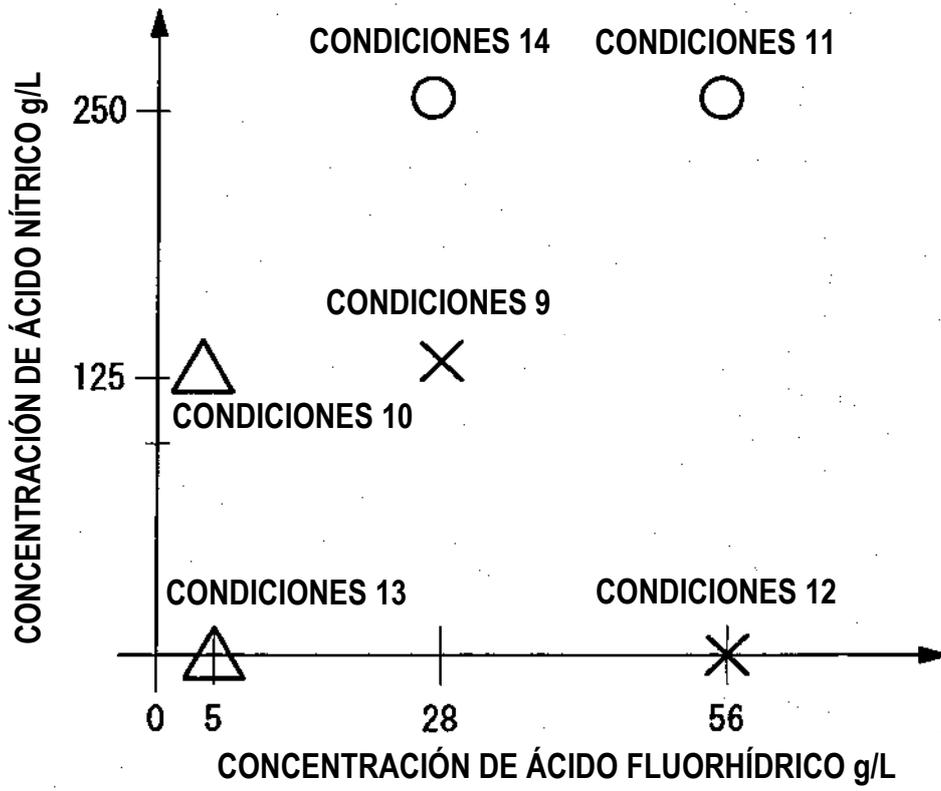


FIG. 24

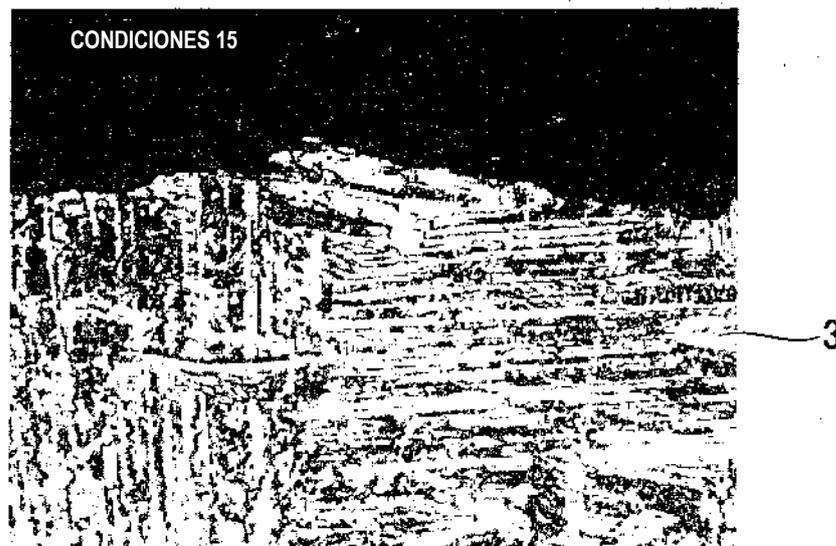


FIG. 25

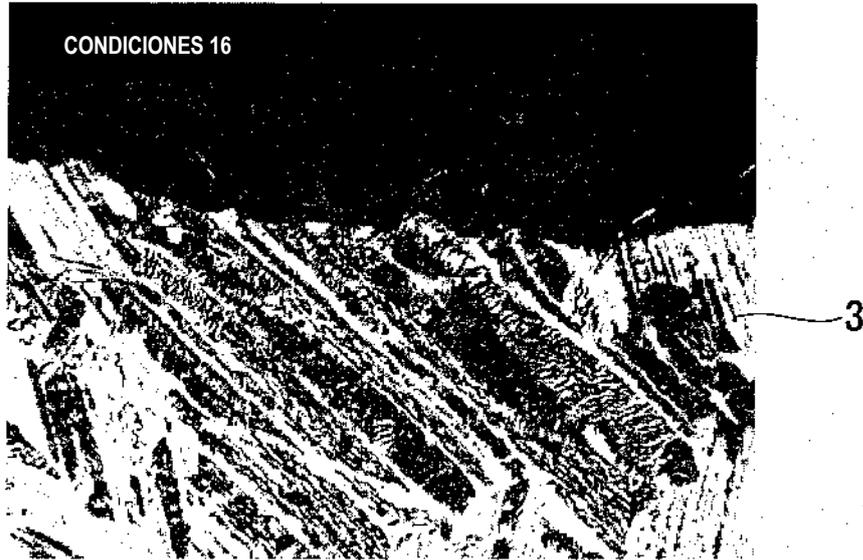


FIG. 26

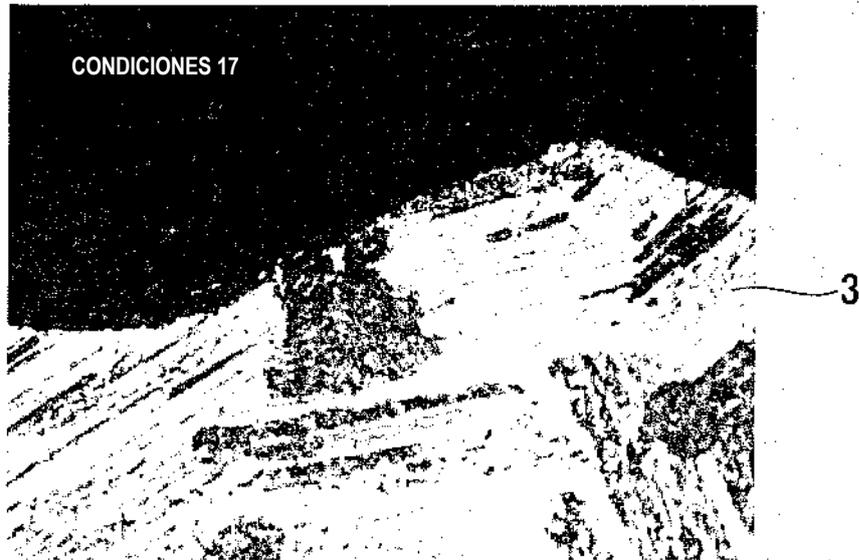


FIG. 27

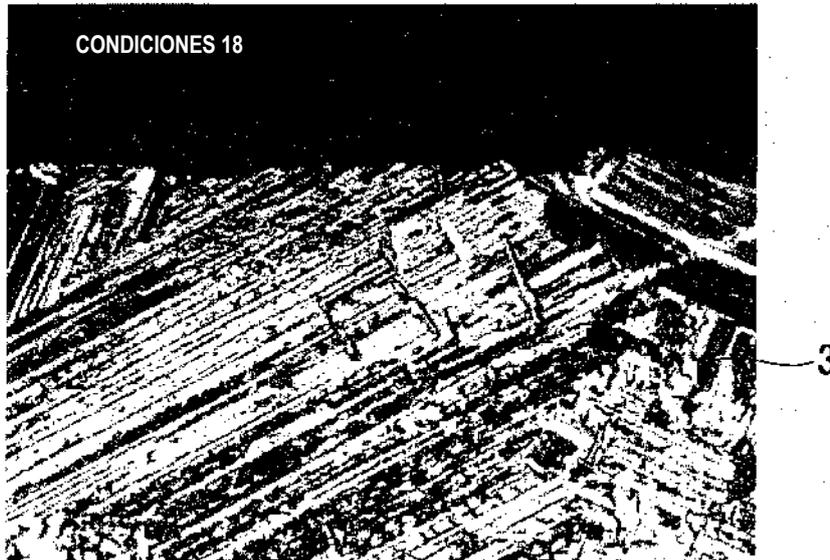


FIG. 28



FIG. 29

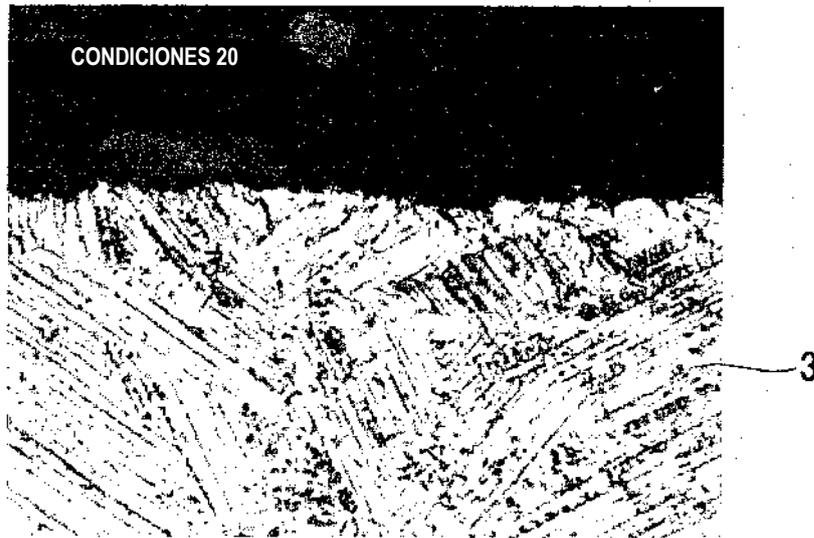


FIG. 30

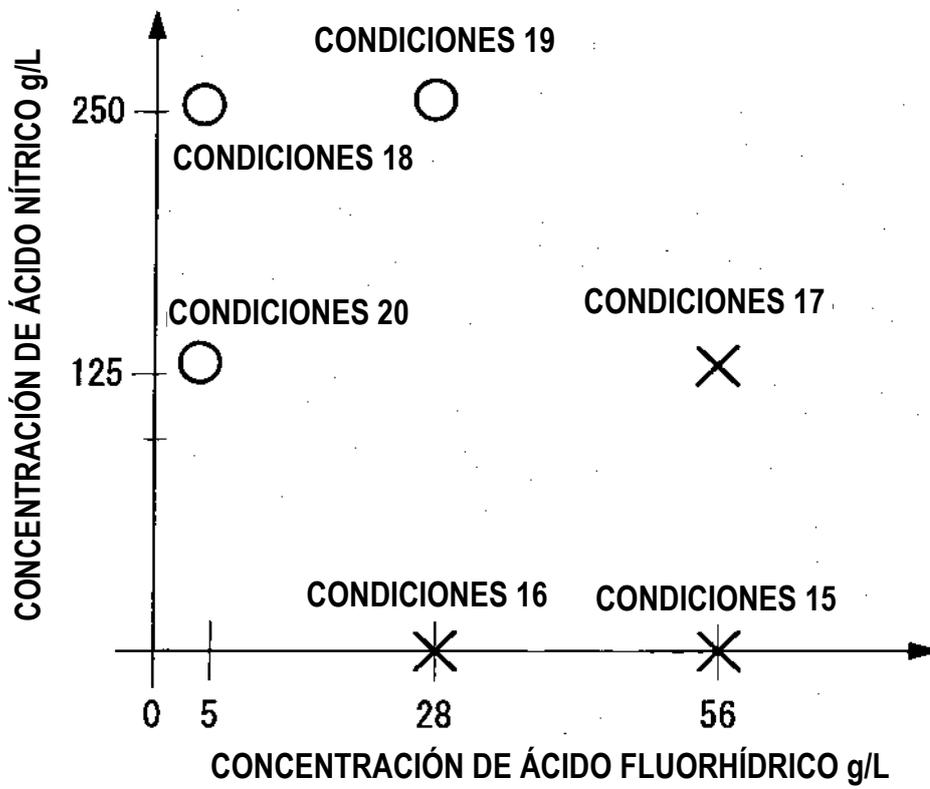


FIG. 31

