

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 968 501**

51 Int. Cl.:

B21C 3/02 (2006.01)

C01B 32/25 (2007.01)

C23C 16/27 (2006.01)

C30B 29/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.06.2019 PCT/JP2019/025108**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.01.2020 WO20004373**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2019 E 19826076 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 3815806**

54 Título: **Herramienta con agujero pasante que comprende un componente de diamante**

30 Prioridad:

27.06.2018 JP 2018121764

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

09.05.2024

73 Titular/es:

**SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.
(50.0%)**

1-1, Koyakita 1-chome

Itami-shi, Hyogo 664-0016, JP y

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD. (50.0%)

72 Inventor/es:

NOHARA, TAKUYA;

UEDA, AKIHIKO;

KOBAYASHI, YUTAKA y

NISHIBAYASHI, YOSHIKI

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 968 501 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

Herramienta con agujero pasante que comprende un componente de diamante

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una herramienta con un agujero pasante.

10 Técnica antecedente

Dado que el diamante tiene una dureza extremadamente alta, se utiliza en herramientas resistentes al desgaste como una matriz, una tobera de chorro de agua y una guía de alambre.

15 La Patente Japonesa abierta a inspección pública núm. 5-169131 (PTL 1) describe una matriz de embutir. La matriz de embutir incluye una capa de diamante CVD policristalino que está provista de un agujero pasante y está unida a un soporte.

20 El documento US 2005/076897 A1 muestra una herramienta con un agujero pasante que comprende un componente de diamante, y sirve de base para el preámbulo de la reivindicación 1.

Lista de citas

Literatura de patentes

25 PTL 1: Patente Japonesa abierta a inspección pública núm. 5-169131

Resumen de la invención

30 Una herramienta con un agujero pasante según la presente invención es según la reivindicación 1.

Se proporciona un componente de diamante según un ejemplo de referencia con un agujero pasante, y cuando la longitud del componente de diamante a lo largo de una línea central del agujero pasante se denota como L1 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una región rodeada por un borde exterior del componente de diamante en una sección transversal que tiene la línea central como línea normal se denota como M1, la relación L1/M1 entre L1 y M1 es de 0,8 o más.

40 Un material de diamante según un ejemplo de referencia se utiliza en una herramienta con un agujero pasante. En el caso en que se forme un agujero pasante en el material de diamante, y cuando la longitud del material de diamante a lo largo de una línea central del agujero pasante se denota como L2 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una sección transversal del material de diamante teniendo la línea central como línea normal se denota como M2, la relación L2/M2 entre L2 y M2 es de 0,8 o más.

45 Un material de diamante según un ejemplo de referencia se utiliza en una herramienta con un agujero pasante, el material de diamante está hecho de diamante de cristal único, una primera superficie del material de diamante es un plano (111), un plano (100) o un plano (110), y cuando la longitud del material de diamante a lo largo de una línea normal de la primera superficie se denota como L2 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una sección transversal del material de diamante paralela a la primera superficie se denota como M2, la relación L2/M2 entre L2 y M2 es de 0,8 o más.

50 Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una vista en planta de una herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención;

55 La Figura 2 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X1-X1 de la herramienta con un agujero pasante ilustrado en la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X2-X2 de la herramienta con un agujero pasante ilustrado en la Figura 2;

60 La Figura 4 es una vista que ilustra una región S1 rodeada por el perfil exterior de un componente de diamante ilustrado en la Figura 3;

La Figura 5 es un diagrama que ilustra un círculo que tiene la misma área que la región S1 ilustrada en la Figura 4;

La Figura 6 es una vista en sección transversal de una herramienta convencional con un agujero pasante según la técnica anterior;

65 La Figura 7 es una vista en planta de un componente de diamante según un ejemplo de referencia;

La Figura 8 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X3-X3 del componente de diamante ilustrado en la Figura 7;

La Figura 9 es una vista en planta de un material de diamante según un ejemplo de referencia;

La Figura 10 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X4-X4 del material de diamante ilustrado en la Figura 9;

5 La Figura 11 es una vista esquemática de una plantilla de corte y una plantilla de asistencia de corte utilizadas en el corte láser de un material de diamante; y

La Figura 12 es una vista superior de la plantilla de corte y la plantilla de asistencia de corte ilustradas en la Figura 11.

10 Descripción detallada

[Problema a resolver por la presente invención]

15 En los últimos años, la resistencia de un material de trefilado de alambre está aumentando, y se requiere procesar dicho material con alta eficiencia. Cuando se utiliza una matriz convencional para procesar un alambre de alta resistencia con alta eficiencia, la matriz se desgasta rápidamente, lo que acorta la vida útil de la herramienta.

20 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar una herramienta con un agujero pasante que pueda tener una vida útil más larga incluso si se utiliza para procesar una varilla de alambre de alta resistencia con alta eficiencia, un componente de diamante que pueda ser utilizado en la herramienta con un agujero pasante, y un material de diamante.

[Efecto ventajoso de la presente invención]

25 Según una modalidad descrita anteriormente, la herramienta con un agujero pasante puede tener una vida útil más larga incluso si se utiliza para procesar un alambre de alta resistencia con alta eficiencia.

[Descripción de modalidades de la presente invención]

30 Primero, se describen a continuación las modalidades de la presente invención.

Una herramienta con un agujero pasante según la presente invención es según la reivindicación 1.

35 La herramienta con un agujero pasante puede tener una vida útil más larga incluso si se utiliza para procesar una varilla de alambre de alta resistencia con alta eficiencia.

L1 es preferiblemente de 0,5 mm o más y 50 mm o menos, y M1 es preferiblemente de 0,5 mm o más y 31 mm o menos. Por lo tanto, el componente de diamante es excelente en resistencia al desgaste.

40 El diámetro mínimo del agujero pasante es preferiblemente de 0,001 mm o más y 15 mm o menos. El agujero pasante puede ser hecho para adaptarse a varios diámetros, lo que hace que la herramienta con el agujero pasante sea altamente conveniente.

45 Es preferible que un ángulo α formado entre una superficie del componente de diamante en un lado de entrada del agujero pasante y una superficie del componente de diamante en un lado de salida del agujero pasante sea de 0° o más y 1° o menos. De esta manera, es poco probable que el componente de diamante se caiga cuando se coloca en un hueco de la base durante la fabricación de la herramienta con un agujero pasante, lo que permite fabricar la herramienta con un agujero pasante de manera eficiente.

50 Es preferible que el componente de diamante esté hecho de diamante sintético de cristal único. El diamante sintético de cristal único puede ser fácilmente procesado en una forma deseada, lo que permite fabricar la herramienta con un agujero pasante de manera eficiente.

55 El diamante sintético de cristal único contiene preferentemente átomos de nitrógeno en una concentración de 0,01 ppb o más y 3000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante.

60 El diamante sintético de cristal único contiene preferentemente átomos de boro en una concentración de 0,5 ppb o más y 10 000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante.

65 El diamante sintético de cristal único contiene preferentemente átomos de silicio a una concentración de 0,0001 ppb o más y 10 000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante.

El diamante sintético de cristal único preferiblemente contiene átomos de impurezas distintos a los átomos de nitrógeno, átomos de boro y átomos de silicio, a una concentración total de 0,5 ppb o más y 10 000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante.

La diferencia de fase generada cuando el diamante sintético de cristal único es irradiado con luz polarizada circularmente es preferiblemente de 0,1 nm o más y 200 nm o menos. De esta manera, es posible suprimir la aparición de astillado en el componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante.

Una superficie del componente de diamante en el lado de entrada del agujero pasante es preferiblemente un plano (111), un plano (100) o un plano (110). De esta manera, es posible controlar el desgaste desigual del componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante y la resistencia al desgaste del componente de diamante según los requisitos de un material estirado a través del agujero pasante.

Es preferible que el componente de diamante esté hecho de diamante policristalino. De esta manera, es posible suprimir la aparición de astillado y el avance de grietas en el componente de diamante y el desgaste desigual del componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante.

Es preferible que la herramienta con un agujero pasante sea una matriz, una tobera de chorro de agua o una guía de alambre. La herramienta con un agujero pasante puede tener una vida útil más larga.

Se proporciona un componente de diamante según un ejemplo de referencia con un agujero pasante, y cuando la longitud del componente de diamante a lo largo de una línea central del agujero pasante se denota como L1 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una región rodeada por un borde exterior del componente de diamante en una sección transversal que tiene la línea central como línea normal se denota como M1, la relación L1/M1 entre L1 y M1 es de 0,8 o más.

Por lo tanto, la herramienta con un agujero pasante que incluye el componente de diamante puede tener una vida útil más larga.

Un material de diamante según un ejemplo de referencia se utiliza en una herramienta con un agujero pasante. En el caso en que se forme un agujero pasante en el material de diamante, y cuando la longitud del material de diamante a lo largo de una línea central del agujero pasante se denota como L2 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una sección transversal del material de diamante teniendo la línea central como línea normal se denota como M2, la relación L2/M2 entre L2 y M2 es de 0,8 o más.

Así, la herramienta con un agujero pasante fabricada con material de diamante puede tener una vida útil más larga.

Un material de diamante según un ejemplo de referencia se utiliza en una herramienta con un agujero pasante, el material de diamante está hecho de diamante de cristal único, una primera superficie del material de diamante es un plano (111), un plano (100) o un plano (110), y cuando la longitud del material de diamante a lo largo de una línea normal de la primera superficie se denota como L2 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una sección transversal del material de diamante paralela a la primera superficie se denota como M2, la relación L2/M2 entre L2 y M2 es de 0,8 o más.

Así, la herramienta con un agujero pasante fabricada con material de diamante puede tener una vida útil más larga.

[Detalles de las modalidades]

A continuación, se describirán ejemplos específicos de una herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención con referencia a las figuras. Tenga en cuenta que la presente invención no está definida por estos ejemplos, sino por las reivindicaciones.

En las figuras, se utilizan los mismos números de referencia para indicar las mismas partes o partes correspondientes. Las dimensiones como la longitud, anchura, grosor y profundidad pueden ser modificadas adecuadamente para mayor claridad y simplificación de las figuras, y pueden no ser las dimensiones reales.

<Primera modalidad: Herramienta con agujero pasante>

Se describirá una herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención con referencia a las Figuras 1 a 6. La Figura 1 es una vista en planta de una herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención. La Figura 2 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X1-X1 de la herramienta con un agujero pasante ilustrado en la Figura 1. La Figura 3 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X2-X2 de la herramienta con un agujero pasante ilustrado en la Figura 2. La Figura 4 es una vista que ilustra un círculo que tiene la misma área que una sección transversal del componente de diamante

ilustrado en la Figura 3. La Figura 6 es una vista en sección transversal de una herramienta convencional con un agujero pasante según la técnica anterior.

5 Como se muestra en la Figura 1, una herramienta 3 con un agujero pasante según la presente modalidad incluye una base 2 y un componente de diamante 1 sostenido por la base 2.

(Base)

10 La base 2 está configurada para sostener el componente de diamante 1. Como material de la base 2, se puede utilizar una aleación sinterizada, acero inoxidable u otro similar.

La forma de la base 2 no se limita a la forma ilustrada en la Figura 1, puede ser cambiada adecuadamente según el uso de la herramienta con un agujero pasante.

15 Aunque no se ilustra en las Figuras 1 a 3, se puede proporcionar una aleación sinterizada o un metal de relleno como material de unión entre la base 2 y el componente de diamante 1.

(Componente de diamante)

20 Como se muestra en la Figura 2, el componente de diamante 1 incluye una entrada 1A y una salida 1B. Un alambre varilla para ser extraído a través del agujero pasante se inserta desde el lado de la entrada 1A, y se extrae desde el lado de la salida 1B como un material extraído. El componente de diamante 1 incluye una primera región 1b donde el agujero pasante tiene un diámetro mínimo d , y una segunda región 1a que es continua con la primera región 1b y se encuentra en el lado de la entrada 1A del agujero pasante.

25 Se proporciona un agujero pasante 5 en el componente de diamante 1 y la base 2, continuo desde la entrada 1A hasta la salida 1B. El agujero pasante 5 está definido por una superficie de pared 21. La inclinación de la superficie de la pared 21 cambia gradualmente con respecto a una línea central C1 que sirve como eje central. En la sección transversal ilustrada en la Figura 2, la línea central C1 es una línea recta, y el agujero pasante 5 es simétrico en forma con respecto a la línea central C1.

30 Cuando la longitud (indicada por L en la Figura 2) del componente de diamante 1 a lo largo de la línea central C1 del agujero pasante se denota como L1, y el diámetro máximo de un círculo que tiene la misma área que una región rodeada por un borde exterior del componente de diamante en una sección transversal que tiene la línea central C1 como línea normal se representa por M1, $L1/M1$ que es una relación entre L1 y M1 (en adelante denominada relación L1/M1) es igual o mayor a 1,0. En la presente especificación, la región rodeada por un borde exterior del componente de diamante 1 en una sección transversal con la línea central C1 como línea normal se refiere a una región S1 (ver Figura 4) que está rodeada por un borde exterior O (ver Figuras 3 y 4) del componente de diamante 1 en la sección transversal y no incluye el agujero pasante. Por lo tanto, como se ilustra en la Figura 4, el área de la región S1 se refiere a toda el área de la región rodeada por el borde exterior O, incluyendo el área correspondiente al agujero pasante. El diámetro del círculo que tiene la misma área que la región S1 se refiere al diámetro M de un círculo E que tiene la misma área que la región S1 (ver Figura 5). El valor máximo del diámetro M se denota como M1.

45 Dado que el componente de diamante 1 tiene las características descritas anteriormente, la herramienta con un agujero pasante de la presente modalidad puede tener una vida útil más larga incluso si se utiliza para procesar un alambre de acero de alta resistencia con alta eficiencia. Los inventores presentes infieren que las razones para ello pueden estar presentes de la siguiente manera.

50 Una razón que puede afectar la vida útil de una herramienta con un agujero pasante es el desgaste del componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante. Se considera que el desgaste incluye desgaste químico resultante de la grafitización del diamante, que es causado por el calor de fricción debido a la fricción entre el componente de diamante y la varilla de alambre que se pasa a través del agujero, y desgaste mecánico que es causado por la fricción entre el componente de diamante y la varilla de alambre. Según la herramienta con un agujero pasante de la presente modalidad, dado que tanto el desgaste químico como el desgaste mecánico se suprimen, se mejora la vida útil de la herramienta. Las razones pueden estar presentes de la siguiente manera (i) y (ii):

(i) Supresión del desgaste químico

60 En una herramienta convencional 13 con un agujero pasante, un componente de diamante 11 está diseñado como una placa con una superficie principal de forma cuadrada. Como se ilustra en la Figura 6, en el ejemplo convencional, la longitud L1 (indicada por L en la Figura 6) a lo largo de la línea central C1 del agujero pasante es mucho más corta que la longitud L3 en la dirección perpendicular a la línea central C1 (la dirección horizontal en la Figura 6), y la relación L1/L3 entre L1 y L3 es, por ejemplo, de 0,6 o más y 0,75 o menos.

Por el contrario, según la presente modalidad, la proporción L1/M1 entre la longitud L1 (indicada por L en la Figura 2) del componente de diamante 1 a lo largo de la línea central C1 del agujero pasante y M1 es de 1,0 o más, y la proporción de la longitud L1 es mayor que la del ejemplo convencional.

5 Por lo tanto, en el ejemplo convencional y en la presente modalidad, cuando las longitudes en la dirección perpendicular a la línea central C1 del componente de diamante (la dirección horizontal en las Figuras 2 y 6) son iguales y las formas de los agujeros pasantes son las mismas, el volumen del componente de diamante es mayor en la presente modalidad que en el ejemplo convencional.

10 Dado que el diamante tiene una alta conductividad térmica, si el volumen del componente de diamante es mayor, es fácil disipar el calor de fricción generado entre el componente de diamante y la varilla de alambre. Por lo tanto, en el componente de diamante de la presente modalidad, se suprime el desgaste químico resultante de la grafitización del diamante causado por el calor de fricción. Como resultado, la vida útil de la herramienta con un agujero pasante de la presente modalidad se mejora.

15 (ii) Supresión del desgaste mecánico

Un método para suprimir el desgaste mecánico entre el componente de diamante y la varilla de alambre es optimizar la forma del agujero pasante. En el componente de diamante convencional 11, dado que la longitud L1 a lo largo de la línea central C1 es corta, el grado de libertad en el diseño de la forma del agujero pasante 5 es limitado. Por lo tanto, es difícil formar un agujero pasante con una forma óptima en el componente de diamante 11 en la práctica.

20 Por el contrario, en el componente de diamante 1 de la presente modalidad, cuando la longitud en la dirección perpendicular a la línea central C1 del componente de diamante (la dirección horizontal en las Figuras 2 y 6) es la misma que la del ejemplo convencional, la longitud L1 en la dirección a lo largo de la línea central C1 es mayor que la del ejemplo convencional. Por lo tanto, en la presente modalidad, el grado de libertad en el diseño de la forma del agujero pasante es mayor, lo que permite formar un agujero pasante con una forma óptima en el componente de diamante para suprimir el desgaste mecánico. Como resultado, la vida útil de la herramienta con un agujero pasante de la presente modalidad se mejora.

25 La relación L1/M1 entre L1 y M1 es de 1,0 o más, y preferiblemente 1,3 o más. El límite superior de la relación L1/M1 no está particularmente limitado, pero preferiblemente es de 1,4 o menos, por ejemplo. En otras palabras, la relación L1/M1 es de 1,0 o más, preferiblemente de 1,4 o menos, y preferiblemente de 1,3 o más y 1,4 o menos.

30 La forma de la superficie P1 en el lado de la entrada 1A y la forma de la superficie P2 en el lado de la salida 1B del componente de diamante 1 no están particularmente limitadas, pero ambas pueden ser un cuadrado con sustancialmente la misma área que la otra. En otras palabras, el componente de diamante 1 puede tener una forma de prisma en su totalidad. En la presente especificación, la expresión de que dos cuadrados tienen sustancialmente la misma área significa que la diferencia entre las áreas de dos cuadrados está dentro del 5 % en relación con el área más pequeña.

35 Cuando el componente de diamante 1 tiene una forma de prisma en su totalidad, la relación L1/D entre la longitud L1 del componente de diamante 1 a lo largo de la línea central del agujero pasante y la longitud D de un lado de la superficie P1 o la superficie P2 es preferiblemente de 0,8 o más. Así, la resistencia al desgaste del componente de diamante 1 se mejora por la misma razón que en el caso en que la relación L1/M1 es igual o mayor a 1,0.

40 La relación L1/D es preferiblemente de 1,0 o más, y preferiblemente de 1,1 o más. El límite superior de la relación L1/D no está particularmente limitado, pero preferiblemente es de 1,5 o menos, por ejemplo. En otras palabras, la relación L1/D es preferiblemente de 0,8 o más y 1,5 o menos, preferiblemente de 1,0 o más y 1,5 o menos, y preferiblemente de 1,1 o más y 1,5 o menos. Cuando la longitud de un lado de la superficie P1 y la longitud de un lado de la superficie P2 son diferentes entre sí, D representa la longitud del lado más largo.

45 La longitud L1 del componente de diamante 1 a lo largo de la línea central C1 del agujero pasante es preferiblemente de 0,5 mm o más y 50 mm o menos, y el valor máximo M1 del diámetro del círculo que tiene la misma área que la región S1 rodeada por el borde exterior de la sección transversal con la línea central C1 como línea normal es preferiblemente de 0,5 mm o más y 60 mm o menos.

50 Como se describe anteriormente, dado que el componente de diamante 1 tiene un volumen lo suficientemente grande, es excelente en disipación de calor. Por lo tanto, es posible suprimir el desgaste químico del componente de diamante. Además, dado que la longitud del componente de diamante 1 a lo largo de la línea central C1 es suficientemente larga, se mejora el grado de libertad en el diseño del agujero pasante. Por lo tanto, es posible formar un agujero pasante con una forma óptima en el componente de diamante 1, lo que permite suprimir el desgaste mecánico del componente de diamante 1.

55 L1 es con mayor preferencia de 0,5 mm o más y 50 mm o menos, y preferiblemente además de 0,5 mm o más y 25 mm o menos. M1 es con mayor preferencia de 0,5 mm o más y de 31 mm o menos.

El diámetro mínimo (indicado por d en la Figura 2) del agujero pasante 5 es preferiblemente de 0,001 mm o más y 15 mm o menos. El agujero pasante puede ser hecho para adaptarse a varios diámetros, lo que hace que la herramienta con el agujero pasante sea altamente conveniente. El diámetro mínimo d es con mayor preferencia de 0,005 mm o más y 10 mm o menos, y preferiblemente además de 0,01 mm o más y 5 mm o menos.

Un ángulo α formado entre la superficie P1 del componente de diamante 1 en el lado de la entrada 1A del agujero pasante 5 y la superficie P2 del componente de diamante 1 en el lado de la salida 1B del agujero pasante 5 es preferiblemente de 0° o más y 1° o menos. De esta manera, es poco probable que el componente de diamante se caiga cuando se coloca en el hueco de la base durante la fabricación de la herramienta con un agujero pasante, lo que permite fabricar la herramienta con un agujero pasante de manera eficiente. El ángulo α es con mayor preferencia de 0° o más y de $0,75^\circ$ o menos, y preferiblemente además de 0° o más y de $0,5^\circ$ o menos.

En la presente especificación, el ángulo α (no mostrado) formado por la superficie P1 y la superficie P2 se refiere a un ángulo formado por un plano virtual P1' extendido desde la superficie P1 y un plano virtual P2' extendido desde la superficie P2.

El material del componente de diamante 1 puede ser diamante de cristal único o diamante policristalino.

Como ejemplos de diamantes de cristal único, se pueden mencionar el diamante natural y el diamante sintético de cristal único. El diamante sintético de cristal único puede ser procesado fácilmente en la forma deseada, lo que permite fabricar una herramienta con un agujero pasante de manera eficiente, y por lo tanto es adecuado como material del componente de diamante de la presente modalidad. El método de fabricación del diamante sintético de cristal único no está particularmente limitado. Por ejemplo, el diamante sintético de cristal único puede ser fabricado mediante un método de síntesis de alta presión o un método de síntesis en fase gaseosa.

El diamante sintético de cristal único contiene preferentemente átomos de nitrógeno en una concentración de 0,01 ppb o más y 3000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante. La concentración de átomos de nitrógeno en el diamante sintético de cristal único es con mayor preferencia de 0,1 ppm o más y 500 ppm o menos, y preferiblemente además de 1 ppm o más y 200 ppm o menos.

El diamante sintético de cristal único contiene preferentemente átomos de boro en una concentración de 0,5 ppb o más y 10 000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante. La concentración de átomos de boro en el diamante sintético de cristal único es con mayor preferencia de 0,5 ppb o más y 1 ppm o menos, y preferiblemente además de 0,5 ppb o más y 0,5 ppm o menos.

El diamante sintético de cristal único contiene preferentemente átomos de silicio a una concentración de 0,0001 ppb o más y 10 000 ppm o menos. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante. La concentración de átomos de silicio en el diamante sintético de cristal único es con mayor preferencia de 0,003 ppm o más y 100 ppm o menos, preferiblemente además de 0,01 ppm o más y 50 ppm o menos, y aún con mayor preferencia de 0,1 ppm o más y 25 ppm o menos.

El diamante sintético de cristal único preferiblemente contiene átomos de impurezas distintos a los átomos de nitrógeno, átomos de boro y átomos de silicio, en una concentración total de 0,5 ppb o más y 10 000 ppm o menos. Como ejemplos de los átomos de impurezas, se pueden mencionar los átomos de hidrógeno, átomos de aluminio, átomos de titanio, átomos de cromo, átomos de cobre, átomos de tungsteno y átomos de iridio. De esta manera, se mejora la resistencia al desgaste de la herramienta con un agujero pasante. Además, es poco probable que el diamante sintético de cristal único se agriete cuando se utiliza para fabricar la herramienta con un agujero pasante. La concentración total de átomos de impurezas en el diamante sintético de cristal único es con mayor preferencia de 0,5 ppb o más y de 5000 ppm o menos, y preferiblemente además de 0,1 ppm o más y de 3000 ppm o menos.

La concentración de átomos de nitrógeno, la concentración de átomos de boro, la concentración de átomos de silicio y la concentración de átomos de impurezas en el diamante sintético de cristal único pueden ser medidas mediante espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS). Como dispositivo de medición, se puede utilizar el "IMS 7F" (nombre comercial) fabricado por CAMECA. En el método SIMS, se utiliza Cs^+ como iones primarios, la tensión de aceleración se establece en 15 kV y la región de detección se establece en $35 \mu m \phi$ para determinar la concentración de un punto pulverizado a una profundidad de hasta $0,5 \mu m$ desde la superficie más externa de una muestra. La cuantificación de la concentración se realiza mediante la comparación con una muestra estándar preparada por separado (diamante de monocristal producido por implantación iónica de una impureza a una concentración conocida). Si la concentración de impurezas es baja, el valor medido puede desviarse de un valor real dependiendo de la precisión del dispositivo de medición. Para obtener un valor más preciso, la medición se realiza a una profundidad de hasta $0,5 \mu m$ en 5 puntos con una distancia de al menos $100 \mu m$ entre sí, se calcula un valor

promedio para los 5 valores medidos en los 5 puntos, y se define el valor promedio como la concentración de cada tipo de átomo.

5 La diferencia de fase generada cuando el diamante sintético de cristal único es irradiado con luz polarizada circularmente es preferiblemente de 0,1 nm o más y 200 nm o menos. La diferencia de fase del diamante sintético de cristal único indica la presencia de defectos en el diamante sintético de cristal único. Cuando la diferencia de fase cae dentro del rango mencionado anteriormente, la cantidad de defectos se controla dentro de un rango apropiado, lo que permite suprimir la aparición de astillado en el componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante. La diferencia de fase es con mayor preferencia de 10 nm o más y 200 nm o menos, y
10 preferiblemente además de 30 nm o más y 300 nm o menos. La diferencia de fase se mide de acuerdo a los siguientes pasos (a-1) a (a-3).

(a-1) Preparación de la muestra de medición

15 El componente de diamante se procesa en una forma de placa con un grosor de 700 µm. Si el componente de diamante es más grueso, puede ser procesado mediante pulido o grabado, por ejemplo. Si el componente de diamante no puede ser procesado a un grosor de 700 µm, la diferencia de fase puede ser medida como se describe a continuación sin procesar el componente de diamante, y el valor medido puede ser convertido a un grosor de 700 µm en proporción al grosor del componente de diamante.

20 (a-2) Irradiación de luz polarizada circularmente

Se irradia luz polarizada circularmente desde una superficie principal de la muestra de medición preparada en el apartado anterior (a-1), sustancialmente perpendicular a la superficie principal.

25 (a-3) Medición del índice birrefringente

Se establecen 10 regiones de medición (1 x 1 mm²) en la superficie principal irradiada con luz polarizada circularmente, y se mide la diferencia de fase en las 10 regiones utilizando "WPA-micro" (nombre comercial) o "WPA-100" (nombre comercial) fabricados por Photonic Lattice, Inc.

Se calcula un valor promedio para los valores medidos de las 10 regiones de medición, y se utiliza el valor promedio como la diferencia de fase del diamante sintético de cristal único.

35 Cuando el componente de diamante 1 está hecho de diamante sintético de cristal único, la superficie P1 del componente de diamante 1 en el lado de entrada del agujero pasante 5 es preferiblemente un plano (111), un plano (100) o un plano (110). De esta manera, es posible controlar el desgaste desigual del componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante y la resistencia al desgaste del componente de diamante de acuerdo a los requisitos del material extraído.

40 En el caso de que la superficie P1 sea un plano (111), dado que es poco probable que ocurra un desgaste desigual del componente de diamante, es posible suprimir cambios en la forma del agujero pasante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante. Por lo tanto, el material dibujado puede tener una sección transversal uniforme.

45 En el caso en que la superficie P1 sea un plano (100), es fácil pulir el componente de diamante y, por lo tanto, es fácil formar el agujero pasante, lo cual es ventajoso en términos de costo de fabricación.

En el caso en que la superficie P1 sea un plano (110), la rugosidad superficial del material estirado (por ejemplo, un alambre estirado) después de ser procesado por la herramienta con un agujero pasante es excelente.

50 Es preferible que el componente de diamante esté hecho de diamante policristalino. El diamante policristalino tiene una excelente dureza pero no tiene orientación de dureza ni capacidad de exfoliación. Por lo tanto, cuando se utiliza diamante policristalino para preparar el componente de diamante, es posible suprimir la aparición de astillas y el avance de grietas en el componente de diamante y el desgaste desigual del componente de diamante durante el uso de la herramienta con un agujero pasante.

El método de preparación del diamante policristalino no está particularmente limitado. Por ejemplo, el diamante policristalino puede ser preparado mediante sinterización de un material de carbono con una estructura de capas de grafito bajo una temperatura ultra alta y una alta presión sin agregar ningún agente de sinterización o catalizador.

60 <Segunda modalidad: Matriz>

La herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención puede ser aplicada a una matriz. Dado que la matriz puede suprimir el desgaste químico y el desgaste mecánico causado por la fricción entre el componente de diamante y la varilla de alambre, puede tener una vida útil más larga.

<Tercera modalidad: Tobera de chorro de agua>

La herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención puede ser aplicada a una tobera de chorro de agua. Dado que la tobera de chorro de agua puede suprimir el desgaste químico y el desgaste mecánico causado por la fricción entre el componente de diamante y el agua, es posible que tenga una vida útil más larga.

<Cuarta modalidad: Guía de alambre>

La herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención puede ser aplicada a una guía de alambre. Dado que la guía de alambre puede suprimir el desgaste químico y el desgaste mecánico causado por la fricción entre el componente de diamante y el alambre, puede tener una vida útil más larga.

<Quinta modalidad: Componente de diamante>

Se describirá un componente de diamante según un ejemplo de referencia con referencia a las Figuras 7 y 8. La Figura 7 es una vista en planta de un componente de diamante según un ejemplo de referencia. La Figura 8 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X3-X3 del componente de diamante ilustrado en la Figura 7.

Como se ilustra en las Figuras 7 y 8, el componente de diamante 1 según el ejemplo de referencia es un componente de diamante 1 provisto de un agujero pasante 5, y cuando la longitud (indicada por L en la Figura 8) del componente de diamante 1 a lo largo de la línea central C1 del agujero pasante 5 se denota como L1, y el valor máximo del diámetro de un círculo que tiene la misma área que la región S1 rodeada por el borde exterior del componente de diamante 1 en la sección transversal que tiene la línea central C1 como línea normal se denota como M1, la relación L1/M1 entre L1 y M1 es de 0,8 o más. En las Figuras 7 y 8, se ilustra la forma del material de diamante como una pirámide cuadrangular truncada, pero la forma del material de diamante no se limita a una pirámide cuadrangular truncada, y puede ser, por ejemplo, una columna cuadrangular, una columna circular, un cono truncado u otro similar siempre y cuando la relación L1/M1 sea de 0,8 o más.

La herramienta con un agujero pasante provisto del componente de diamante puede tener una vida útil más larga. La razón es la misma que se describe en la primera modalidad.

La descripción detallada del componente de diamante 1 es la misma que se describe en la primera modalidad, y no se repetirá la descripción de la misma.

<Sexta modalidad: Material de diamante (1)>

Se describirá un material de diamante según un ejemplo de referencia con referencia a las Figuras 9 y 10. La Figura 9 es una vista en planta de un material de diamante según un ejemplo de referencia. La Figura 10 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea X4-X4 del material de diamante ilustrado en la Figura 9.

Como se ilustra en las Figuras 9 y 10, el material de diamante 4 es un material de diamante para usar en una herramienta con un agujero pasante. En el caso en que se forme un agujero pasante en el material de diamante, y cuando la longitud (indicada por L en la Figura 10) del material de diamante a lo largo de la línea central del agujero pasante se denota como L2 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que la sección transversal del material de diamante teniendo la línea central como línea normal se denota como M2, L2/M2 que es una relación entre L2 y M2 (en adelante, denominada la relación L2/M2) es de 0,8 o más. En las Figuras 9 y 10, se ilustra la forma del material de diamante como una pirámide cuadrangular truncada, pero la forma del material de diamante no se limita a una pirámide cuadrangular truncada, y puede ser, por ejemplo, una columna cuadrangular, una columna circular, un cono truncado u otro similar siempre y cuando la relación L2/M2 sea de 0,8 o más.

El componente de diamante fabricado mediante la formación de un agujero pasante en el material de diamante 4 puede tener la misma configuración que el componente de diamante descrito en la quinta modalidad. Por lo tanto, la herramienta con un agujero pasante que incluye el componente de diamante fabricado a partir del material de diamante puede tener una vida útil más larga.

<Séptima modalidad: Material de diamante (2)>

Como se ilustra en las Figuras 9 y 10, el material de diamante 4 es un material de diamante sintético de cristal único para su uso en una herramienta con un agujero pasante, una primera superficie del material de diamante sintético de cristal único es un plano (111), un plano (100) o un plano (110), y cuando la longitud (indicada por L en la Figura 10) del material de diamante a lo largo de una línea normal de la primera superficie se denota como L2 y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que una sección transversal del material de diamante paralela a la primera superficie se denota como M2, la relación L2/M2 entre L2 y M2 es de 0,8 o más. El componente de diamante fabricado mediante la formación de un agujero pasante en el material de diamante 4 paralelo a la línea

normal de la primera superficie puede tener la misma configuración que el componente de diamante descrito en la quinta modalidad. Por lo tanto, la herramienta con un agujero pasante que incluye el componente de diamante fabricado a partir del material de diamante puede tener una vida útil más larga.

5 <Octava modalidad: Método de fabricación de herramienta con agujero pasante (1)>

Se describirá un ejemplo de método de fabricación de una herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención. En la presente modalidad, el componente de diamante está hecho de diamante sintético de cristal único. El método de fabricación de una herramienta con un agujero pasante de la presente modalidad incluye un paso de preparación de diamante sintético de cristal único (en adelante también denominado "el paso de preparación de diamante sintético de cristal único"), un paso de preparación de un material de diamante (en adelante también denominado "el paso de preparación de material de diamante") y un paso de fabricación de una herramienta con un agujero pasante (en adelante también denominado "el paso de fabricación de herramienta con un agujero pasante").

15 (Paso de preparación de diamante sintético de cristal único)

El diamante sintético de cristal único se prepara utilizando, por ejemplo, un método de síntesis de alta presión o un método de deposición química en fase vapor (CVD). Dado que la concentración de átomos de nitrógeno, la concentración de átomos de boro, la concentración de átomos de silicio, la concentración de átomos de impurezas y la cantidad de defectos en el diamante sintético de cristal único pueden ser fácilmente controlados en el método CVD, se prefiere el método CVD.

En el método CVD, se cultiva diamante de cristal único en un sustrato de semilla que se coloca en un soporte de sustrato en un horno de crecimiento CVD. Como método de crecimiento, se puede utilizar cualquier método convencionalmente conocido, como el método de filamento térmico, el método de llama de combustión o el método de chorro de arco.

La concentración de átomos de nitrógeno, la concentración de átomos de boro, la concentración de átomos de silicio y la concentración de átomos de impurezas en el diamante sintético de cristal único pueden ajustarse mediante la proporción de gas fuente, los componentes en el horno de crecimiento, la temperatura de crecimiento y similares.

La cantidad de defectos en el diamante sintético de cristal único puede ajustarse mediante la rugosidad de la superficie, el pretratamiento de la superficie y similares del sustrato de semilla.

35 (Paso de preparación de material de diamante)

El diamante de cristal único formado en el sustrato de semilla se corta con láser en una forma deseada para preparar un material de diamante. El diamante de cristal único puede ser cortado en el material de diamante con un grosor deseado ajustando el intervalo (distancia) de las irradiaciones láser en el diamante de cristal único. Este grosor corresponde a la longitud L2 a lo largo de la línea central del agujero pasante en el material de diamante descrito en la sexta modalidad, o la longitud L2 a lo largo de la línea normal a la primera superficie en el material de diamante descrito en la séptima modalidad, o la longitud de un lado de la primera superficie P21 (la superficie superior en la Figura 10) o la segunda superficie P22 sustancialmente paralela a la primera superficie. Estas longitudes se mantienen en los pasos posteriores. Por lo tanto, la longitud L2 del material de diamante es la misma que la longitud L1 a lo largo de la línea central del agujero pasante en el componente de diamante, y la longitud de un lado de la primera superficie P21 o la segunda superficie P22 en el material de diamante es la misma que la longitud de un lado de la superficie P1 o la superficie P2 en el componente de diamante.

En la presente modalidad, se utiliza una plantilla de asistencia de corte tipo ranura 51, como se ilustra en las Figuras 11 y 12, en el corte láser.

Convencionalmente, en el corte láser, el diamante sintético de cristal único se corta con láser mientras que un extremo de este se sostiene en un dispositivo de corte 50 en un estado flotante. En el método convencional, para evitar la reflexión del haz láser, no se utiliza una plantilla de asistencia de corte 51 para sostener el diamante sintético de cristal único desde abajo. Por lo tanto, cuando se intenta cortar un material de diamante sintético de gran espesor a partir de un diamante de cristal único sintético, el extremo (a cortar) que no está soportado por la plantilla de corte 50 puede romperse por su propio peso durante el corte, lo que provoca la aparición de rebabas.

Si hay rebabas presentes en el material de diamante, el material de diamante puede volverse inestable cuando se coloca en un rebaje de la base en el paso posterior, por lo tanto, las rebabas se eliminan mediante pulido. Por lo tanto, en el método de corte convencional, debido a la adición del paso de pulido, el costo de fabricación se incrementa y la productividad disminuye.

Por el contrario, en la presente modalidad, un extremo del diamante sintético de cristal único es soportado por la plantilla de corte 50, y la plantilla de asistencia de corte tipo ranura 51 se dispone debajo del diamante sintético de

crystal único para soportarlo desde abajo, y el corte con láser se realiza mientras el diamante sintético de cristal único está siendo soportado desde abajo. Dado que el haz láser a irradiar pasará a través de las rendijas, no se refleja ningún haz láser. Dado que el diamante sintético de cristal único está soportado en el dispositivo de asistencia de corte 51, incluso si se corta un material de diamante grueso a partir del diamante sintético de cristal único, el diamante sintético de cristal único no se romperá durante el corte. Por lo tanto, es posible prevenir la aparición de rebabas en el material de diamante obtenido.

El láser utilizado en el corte puede tener, por ejemplo, una longitud de onda de 532 nm, una frecuencia de repetición de 6 kHz o más y 10 kHz o menos, y una potencia de salida de 3 W o más y 20 W o menos.

(Herramienta con paso de fabricación de agujero pasante)

El material de diamante obtenido se coloca en el hueco de la base junto con un material de unión como polvo de aleación sinterizada, y se somete a un tratamiento térmico para fundir el material de unión, y de esta manera, el material de diamante y la base se unen entre sí para formar un cuerpo unido.

Se forma un agujero pasante en el cuerpo unido mediante irradiación láser, de esta manera se fabrica una herramienta con un agujero pasante que incluye el componente de diamante.

<Novena modalidad: Método de fabricación de herramienta con agujero pasante (2)>

Se describirá un ejemplo de método de fabricación de una herramienta con un agujero pasante según una modalidad de la presente invención. En la presente modalidad, el componente de diamante está hecho de diamante policristalino. El método de fabricación de una herramienta con un agujero pasante de la presente modalidad incluye un paso de preparación de diamante policristalino (en adelante también denominado "el paso de preparación de diamante policristalino"), un paso de preparación de un material de diamante (en adelante también denominado "el paso de preparación de material de diamante") y un paso de fabricación de una herramienta con un agujero pasante (en adelante también denominado "la herramienta con un paso de fabricación de agujero pasante").

(Paso de preparación de diamante policristalino)

El diamante policristalino se prepara, por ejemplo, mediante la sinterización de un material de carbono que tiene una estructura de capas de grafito bajo una temperatura ultra alta y una alta presión sin agregar ningún agente de sinterización o catalizador.

Posteriormente, se lleva a cabo el paso de preparación del material de diamante y el paso de fabricación de la herramienta con un agujero pasante de la misma manera que se describe en la octava modalidad, mediante la cual se fabrica una herramienta con un agujero pasante que incluye el componente de diamante.

Ejemplo

Las modalidades de la presente invención se describirán con más detalle haciendo referencia a un ejemplo. Sin embargo, la presente invención no se limita al ejemplo.

En el ejemplo, se fabricó y evaluó una herramienta con un agujero pasante (como una matriz) en la que se utiliza un componente de diamante hecho de diamante sintético de cristal único. El método específico de fabricación y el método de evaluación se describen a continuación.

<Preparación de diamante sintético de cristal único>

Se preparó diamante sintético de cristal único mediante el método CVD. Primero, se preparó un sustrato de semilla de diamante de cristal único con una superficie principal de forma cuadrada de 5 x 5 mm² y un grosor de 0,5 mm. El sustrato de semilla era de platino pulido, y luego como un pretratamiento para controlar los defectos en el diamante sintético de cristal único, el sustrato de semilla fue grabado en seco hasta una profundidad de 0,01 μm a 0,5 μm utilizando gas oxígeno (O₂) y gas fluoruro de hidrógeno (CF₄). Se creció una capa de crecimiento epitaxial a partir del diamante de cristal único en el sustrato hasta un espesor de 1 mm. Se utilizó una mezcla de gas de hidrógeno (H₂), gas metano (CH₄) y gas nitrógeno (N₂) como gas fuente. La relación de volumen del gas CH₄ al gas H₂ (gas CH₄/gas H₂) se estableció en un rango de 5 a 20 % en volumen, y la relación de volumen del gas N₂ al gas CH₄ (gas N₂/gas CH₄) se estableció en un rango de 0,01 a 5 % en volumen. La presión se estableció en 9,3 a 14,7 kPa, y la temperatura del sustrato se estableció en 850 a 1200 °C. La concentración de impurezas en el diamante sintético de cristal único puede ajustarse mediante la proporción de gas fuente, los componentes en el horno de crecimiento, la temperatura de crecimiento, y similares, y la cantidad de defectos en el diamante sintético de cristal único puede ajustarse mediante la rugosidad de la superficie del sustrato de semilla de diamante de cristal único, los daños en la capa de pulido, y similares.

<Medición de diamante sintético de cristal único>

Se midió la concentración de átomos de nitrógeno, la concentración de átomos de boro, la concentración de átomos de silicio, la concentración total de átomos de impureza y la diferencia de fase del diamante sintético de un solo cristal obtenido. Los métodos de medición son los mismos que los descritos en la primera modalidad. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

5

<Preparación de material de diamante>

El diamante de cristal único preparado según se describe anteriormente fue soportado por una plantilla de corte y una plantilla de asistencia de corte de tipo ranura, como se ilustra en las Figuras 11 y 12, y se cortó con láser para producir un material de diamante con forma de prisma cuadrangular con una superficie inferior de forma cuadrada y una superficie superior de forma cuadrada.

10

Se midió el grosor (altura) L2 del material de diamante y la longitud D2 de un lado de la superficie inferior y la superficie superior del material de diamante para cada muestra. Los valores de "L2" y "D2" se mantienen en los pasos posteriores. Por lo tanto, los valores de "L2" y "D2" del material de diamante son iguales a los valores de la longitud "L1" del componente de diamante a lo largo de la línea central C1 del agujero pasante en la herramienta fabricada a partir del material de diamante y la longitud "D" de un lado de la superficie inferior y la superficie superior del componente de diamante, respectivamente. Así, los valores de "L2" y "D2" medidos a partir del material de diamante se enumeran en las columnas "L1" y "D" del componente de diamante en la Tabla 1.

15

El diámetro M del círculo que tiene la misma área que la superficie inferior y la superficie superior se calculó a partir del valor de "D". Dado que la forma del material de diamante para cada muestra es un prisma cuadrangular, el valor de "M" corresponde al valor máximo M1 del diámetro del círculo de área igual. Así, el valor calculado de "M" se encuentra listado en la columna "M1" del componente de diamante en la Tabla 1.

20

En todas las muestras, el ángulo α entre la superficie inferior y la superficie superior del material de diamante fue de $0,5^\circ$ o menos. En las muestras 1 a 6 y las muestras 8 a 11, la superficie inferior y la superficie superior eran planos (110). En la Muestra 7, la superficie inferior y la superficie superior eran planos (111).

25

<Producción de herramienta con agujero pasante>

30

El material de diamante obtenido se colocó en un hueco de la base (hecha de aleación sinterizada) de manera que la superficie inferior del material de diamante fuera sustancialmente paralela a la superficie inferior del hueco. En este momento, se aplicó un spray como adhesivo entre la superficie inferior del hueco y el material de diamante para evitar que el material de diamante se incline. A continuación, se colocó un material de unión hecho de polvo de aleación sinterizada entre el material de diamante y el rebaje, y se sometió a un tratamiento térmico para fundir el material de unión, y de esta manera, el material de diamante y la base se unen entre sí para formar un cuerpo unido.

35

Se formó un agujero pasante continuo desde la superficie superior hasta la superficie inferior del material de diamante en el cuerpo unido mediante irradiación láser para producir una herramienta con un agujero pasante. Así, la superficie superior del material de diamante se convierte en la superficie P1 en el lado de entrada del agujero pasante, y la superficie inferior se convierte en la superficie P2 en el lado de salida del agujero pasante. El diámetro mínimo d del agujero pasante fue de $0,080$ mm, la longitud de la primera región a lo largo de la línea central fue de 16 μm , y el ángulo θ entre la superficie de la pared del componente de diamante que define la segunda región y la línea central fue de 12° .

40

45

<Prueba de embutido>

La herramienta obtenida con un agujero pasante se utilizó para realizar una prueba de embutido en un alambre (diámetro ϕ : $86,63$ μm , material: acero inoxidable (SUS304)). Se utilizó un lubricante de aceite sintético durante el proceso de estirado del alambre. La velocidad de embutido fue de 500 m/min, y la tasa de reducción de área fue del 14 %.

50

El alambre se estiró a 15 km bajo las condiciones mencionadas anteriormente, y después del estiramiento, se midió el valor mínimo del diámetro del agujero pasante, y el incremento del valor mínimo por unidad de tiempo ($\mu\text{m}/\text{min}$) se definió como la tasa de desgaste. Cuanto menor sea la tasa de desgaste, mejor será la resistencia al desgaste. Los resultados se muestran en la Tabla 1. Las Muestras núm. 1 y 2 son ejemplos de referencia.

55

Tabla 1

Muestra núm.	Componente de diamante					Componente de diamante							Tasa de Desgaste ($\mu\text{m}/\text{min}$)
	Forma					Propiedades							
	L1 (mm)	D (mm)	M1 (mm)	L1/M1	L1/D	superficie P1 orientación	nitrógeno átomos (ppm)	silicio átomos (ppm)	boro átomos (ppm)	impureza átomos (ppm)	fase diferencia (nm)		
1	0,6	0,8	0,903	0,665	0,75	(110)	0,2	0,004	0,003	<0,005	30	0,04	
2	0,8	0,8	0,903	0,886	1	(110)	5	0,9	0,001	28,4	71	0,017	
3	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	0,1	0,004	0,002	2,1	68	0,011	
4	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	2	1,4	0,0009	91	81	0,013	
5	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	5	0,9	0,001	28,4	71	0,013	
6	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	24	3	0,009	540	80	0,015	
7	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	21	2,7	0,009	570	76	0,009	
8	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	100	0,05	0,003	2100	76	0,02	
9	0,9	0,8	0,903	0,997	1,125	(110)	220	0,9	0,002	2540	80	0,035	
10	1,2	0,8	0,903	1,329	1,5	(110)	50	0,023	0,0006	1989	73	0,012	
11	1,2	0,8	0,903	1,329	1,5	(110)	150	0,07	0,001	2250	80	0,015	

<Evaluación>

5 La relación L1/M1 fue de 0,665 para la muestra 1, la cual sirve como ejemplo comparativo. La relación L1/M1 fue de 0,8 o más para las muestras 2 a 11, cada una de las cuales sirve como ejemplo. Se confirmó que las muestras 2 a 11 (ejemplos) mostraron una excelente resistencia al desgaste al procesar un alambre de alta resistencia con alta eficiencia en comparación con la muestra 1 (ejemplo comparativo).

Se describen arriba modalidades y ejemplos específicos de la presente invención.

10 Debe entenderse que las modalidades descritas aquí se han presentado con el propósito de ilustración y descripción, pero no se limitan en todos los aspectos. Se pretende que el alcance de la presente invención no se limite a la descripción anterior, sino que se defina por el alcance de las reivindicaciones.

Lista de signos de referencia

15 1, 11: componente de diamante; 2, 12: base; 3, 13: herramienta con agujero pasante; 4: material de diamante; 5: agujero pasante; 21: superficie de la pared; 1a: segunda región; 1b: primera región; 1A: entrada; 1B: salida; O: borde exterior; L: longitud a lo largo de la línea central C1; P1: superficie en el lado de entrada; P2: superficie en el lado de salida

20

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta con un agujero pasante (3) que comprende:
una base (2); y
5 un componente de diamante (1) sostenido por la base (2), el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único o diamante policristalino,
caracterizado porque cuando la longitud del componente de diamante (1) a lo largo de una línea central del
agujero pasante (5) se denota como L1, y el valor máximo de un diámetro de un círculo que tiene la misma área que
una región rodeada por un borde exterior (O) del componente de diamante (1) en una sección transversal que tiene
10 la línea central como línea normal se denota como M1, la relación L1/M1 entre L1 y M1 es de 1,0 o más.
2. La herramienta con un agujero pasante (3) según la reivindicación 1, en donde
L1 es de 0,5 mm o más y 50 mm o menos, y
15 M1 es de 0,5 mm o más y 31 mm o menos.
3. La herramienta con un agujero pasante (3) según la reivindicación 1 o 2, en donde
el diámetro mínimo del agujero pasante (5) es de 0,001 mm o más y 15 mm o menos.
4. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquier reivindicación anterior, en donde
20 el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único y el diamante sintético de cristal
único contiene átomos de nitrógeno a una concentración de 0,01 ppb o más y 3000 ppm o menos.
5. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquier reivindicación anterior, en donde
25 el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único y el diamante sintético de cristal
único contiene átomos de boro a una concentración de 0,5 ppb o más y 10 000 ppm o menos.
6. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquier reivindicación anterior, en donde
30 el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único y el diamante sintético de cristal
único contiene átomos de silicio a una concentración de 0,0001 ppb o más y 10 000 ppm o menos.
7. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquier reivindicación anterior, en donde
35 el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único y el diamante sintético de cristal
único contiene átomos de impurezas distintos de átomos de nitrógeno, átomos de boro y átomos de silicio a una
concentración total de 0,5 ppb o más y 10 000 ppm o menos.
8. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquier reivindicación anterior, en donde
40 el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único y la diferencia de fase generada
cuando el diamante sintético de cristal único es irradiado con luz polarizada circularmente es de 0,1 nm o más y 200
nm o menos.
9. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquier reivindicación anterior, en donde
45 el componente de diamante (1) está hecho de diamante sintético de cristal único y una superficie del componente
de diamante (1) en el lado de entrada del agujero pasante (5) es un plano (111), un plano (100) o un plano (110).
10. La herramienta con un agujero pasante (3) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde
la herramienta con un agujero pasante (3) es una matriz, una tobera de chorro de agua o una guía de alambre.

FIGURA 1

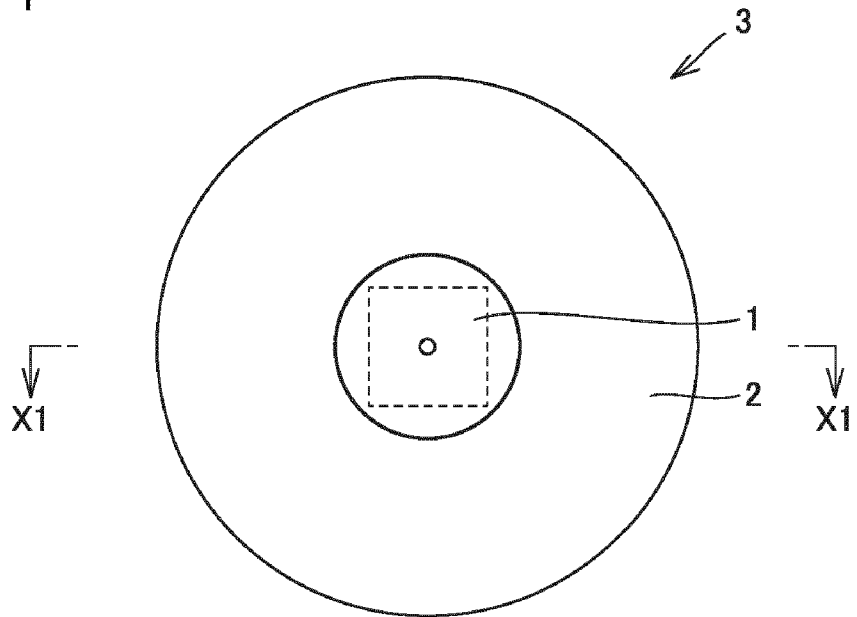


FIGURA 2

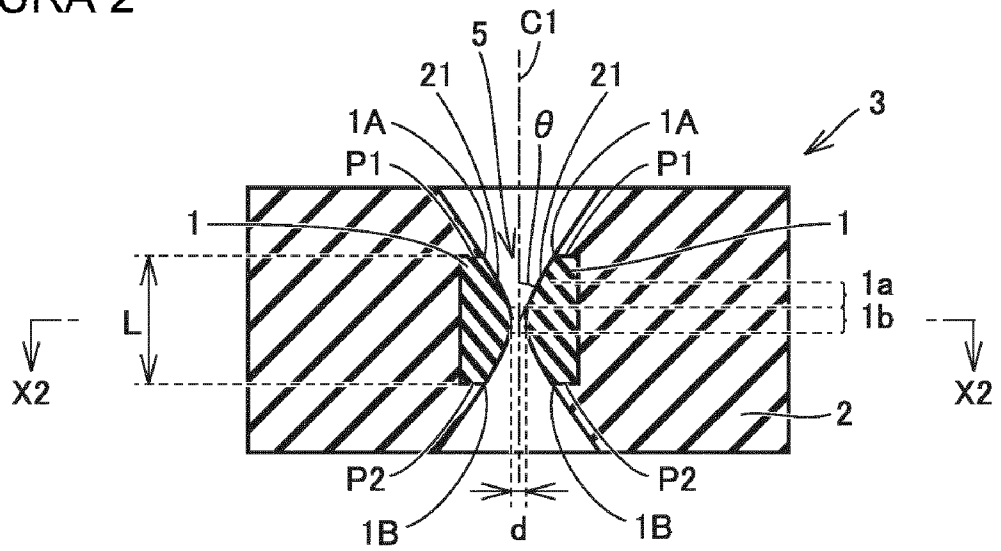


FIGURA 3

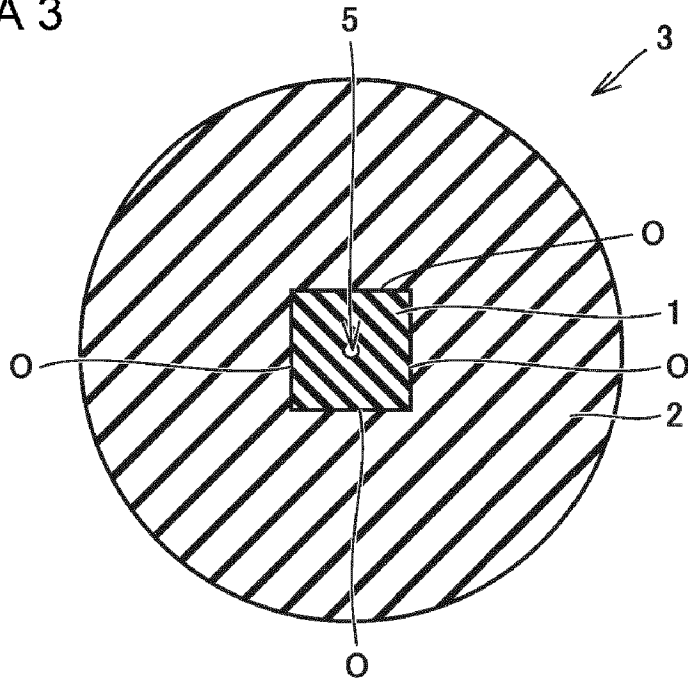


FIGURA 4

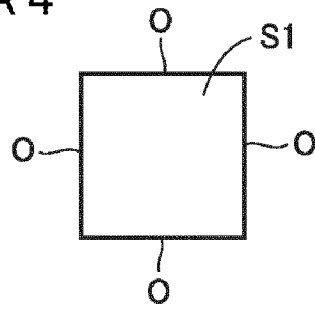


FIGURA 5

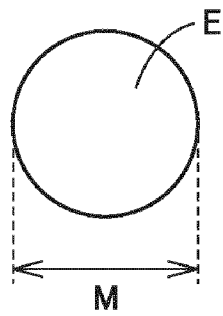


FIGURA 6

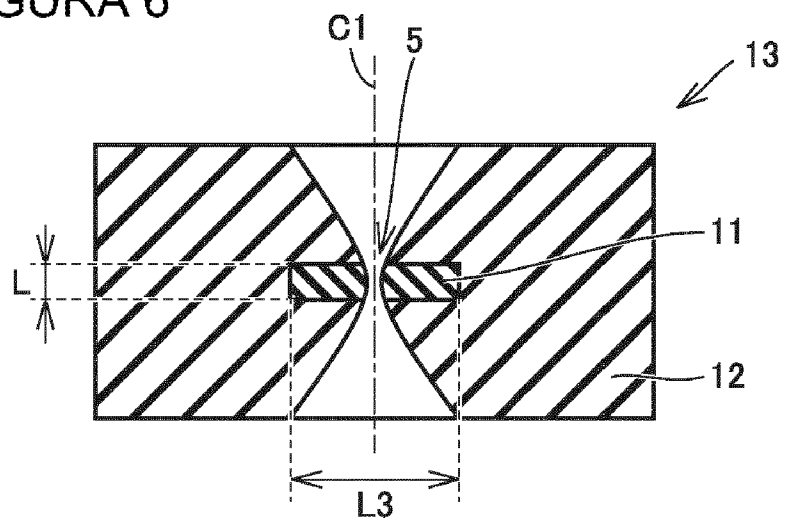


FIGURA 7

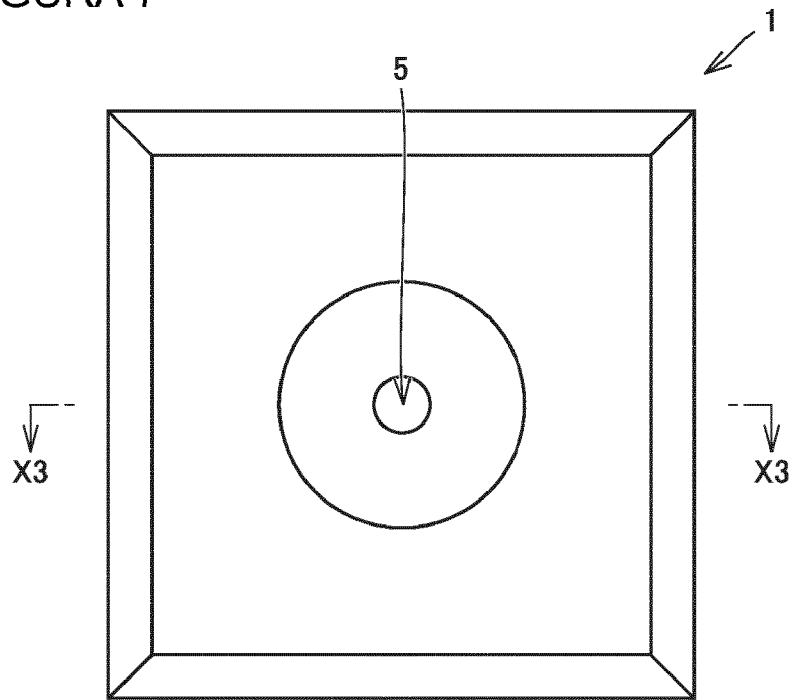


FIGURA 8

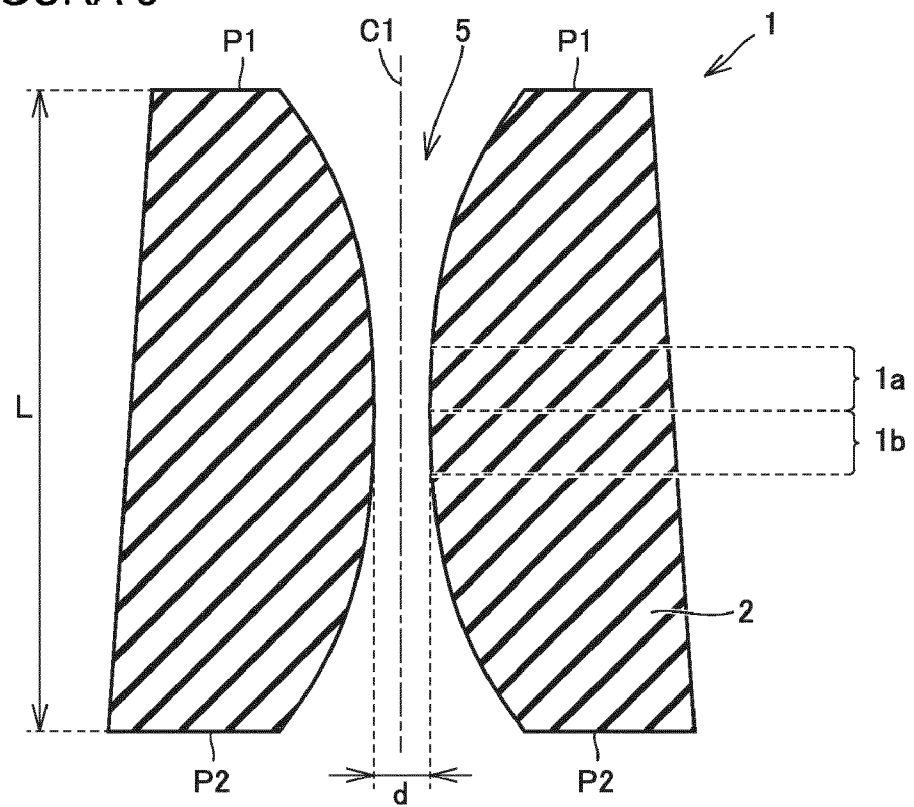


FIGURA 9

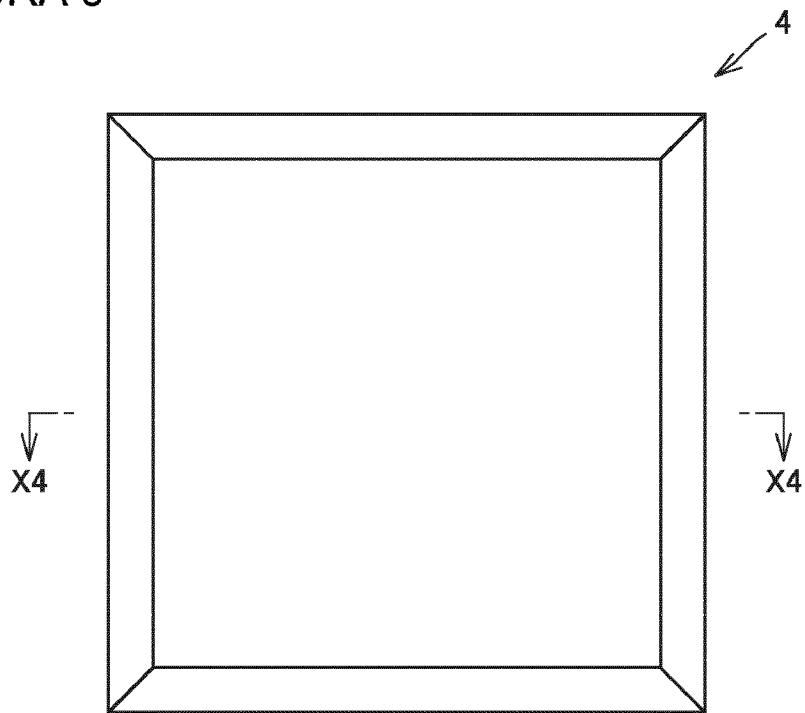


FIGURA 10

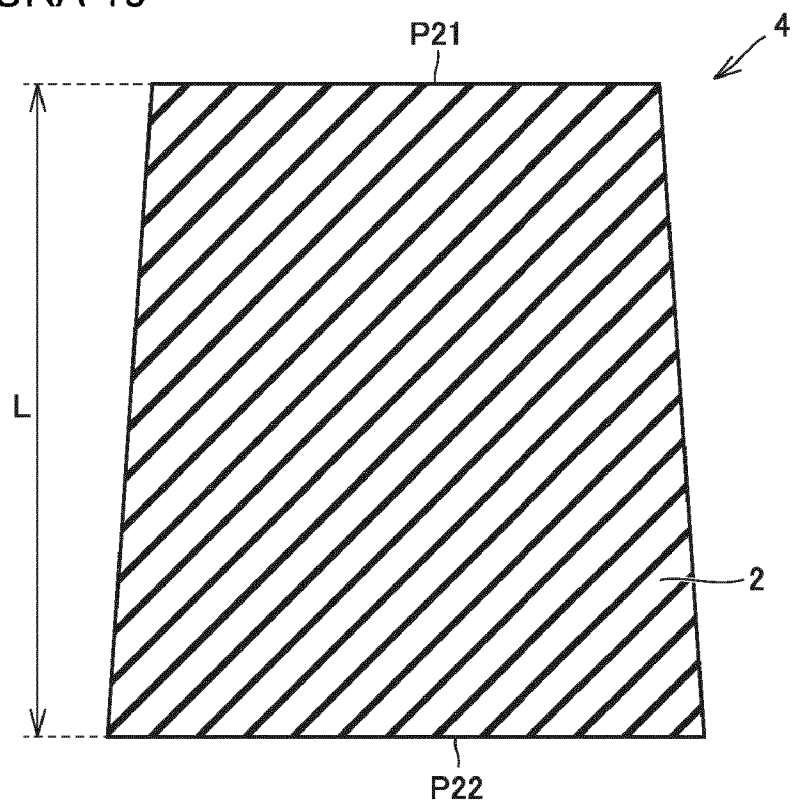


FIGURA 11

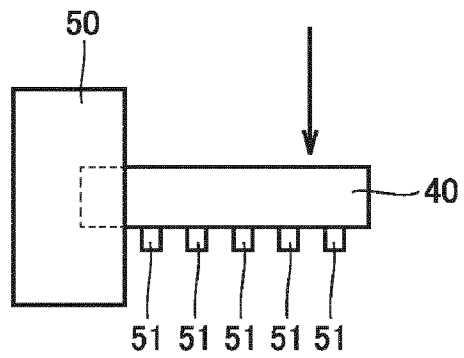


FIGURA 12

