

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 179**

51 Int. Cl.:

<b>B05B 1/02</b>	(2006.01)
<b>B23B 27/20</b>	(2006.01)
<b>C01B 32/25</b>	(2007.01)
<b>B82Y 30/00</b>	(2011.01)
<b>C03B 33/10</b>	(2006.01)
<b>C04B 35/528</b>	(2006.01)
<b>C04B 35/645</b>	(2006.01)
<b>B26F 3/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2009 PCT/JP2009/051940**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2009 WO09099130**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2009 E 09707959 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 2239228**

54 Título: **Diamante policristalino**

30 Prioridad:

**06.02.2008 JP 2008026505**  
**30.04.2008 JP 2008118375**  
**30.04.2008 JP 2008118376**  
**30.04.2008 JP 2008118377**  
**30.04.2008 JP 2008118378**  
**24.09.2008 JP 2008244329**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.03.2021**

73 Titular/es:

**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD. (50.0%)**  
**5-33 Kitahama 4-chome Chuo-ku Osaka-shi**  
**Osaka 541-0041, JP y**  
**SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.**  
**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SATO, TAKESHI;**  
**YAMAMOTO, KATSUKO;**  
**TODA, NAHIRO;**  
**SUMIYA, HITOSHI y**  
**KOBAYASHI, YUTAKA**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI , Peter**

**ES 2 816 179 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

Diamante policristalino

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un diamante policristalino obtenido por conversión y sinterizado de carbono no diamantado sin adición de ayuda de sinterizado o un catalizador.

10 Técnica anterior

15 Los diamantes monocristalinos naturales y artificiales se han utilizado para diversas aplicaciones debido a sus excelentes propiedades. Una herramienta que incluye diamante monocristalino es, por ejemplo, un orificio de chorro de agua (documento de patente 1), un punzón para impresión por rotograbado (documentos de patente 2 y 3), una aguja (documento de patente 4), una herramienta de corte de diamante (documentos de patente 5 y 6), o una rueda de grabado (documento de patente 7).

20 Sin embargo, dicho diamante monocristalino también presenta una propiedad de que las pérdidas por abrasión varían (desgaste desigual) dependiendo de las orientaciones cristalinas del diamante. Por ejemplo, la pérdida por abrasión varía considerablemente entre el plano (111) y el plano (100). Por esta razón, el diamante monocristalino aplicado a las herramientas descritas anteriormente se desgasta sólo en un plano específico en poco tiempo a medida que se utilizan las herramientas, y no se dan efectos predeterminados, lo cual ha sido un problema. El diamante monocristalino también presenta una propiedad de exfoliación a lo largo del plano (111). Por esta razón, cuando el diamante monocristalino se aplica a una herramienta sometida a una tensión durante el uso, la herramienta se rompe o se agrieta, lo que también ha sido un problema.

30 Para tratar la propiedad del desgaste desigual y la propiedad de exfoliación del diamante monocristalino, puede utilizarse diamante sinterizado. Dicho diamante sinterizado se obtiene sinterizando granos de diamante con un aglutinante metálico tal como cobalto y, por lo tanto, el aglutinante metálico está presente entre los granos de diamante. La región aglutinante del metal es más blanda que los granos de diamante y, por lo tanto, se desgasta en poco tiempo. A medida que disminuye la cantidad de aglutinante, los granos de diamante se desprenden y los efectos no tienen estabilidad durante un largo período de tiempo. También hay un problema porque el desgaste del adhesivo se produce entre la región del aglutinante de metal y no puede realizarse un material de metal que se trabaje y funcione durante un largo período de tiempo.

35 Para resolver dicho problema causado por un aglutinante metálico, puede producirse un diamante sinterizado sin aglutinante disolviendo el aglutinante metálico con ácido para eliminar, de este modo, el aglutinante metálico. Sin embargo, la eliminación de un aglutinante metálico reduce la fuerza de unión de los granos de diamante, lo que probablemente aumenta la pérdida por abrasión. Para el diamante policristalino sin aglutinante metálico, existe un diamante policristalino obtenido por deposición química en fase de vapor (Chemical-Vapor Deposition, CVD). Sin embargo, este diamante policristalino tiene una pequeña resistencia de unión entre los granos y, por lo tanto, sufre una gran pérdida por abrasión, lo cual ha sido un problema.

45 En lo sucesivo, se describen específicamente las herramientas descritas anteriormente. Un orificio de chorro de agua que incluye diamante monocristalino tiene el problema de que ya no se obtiene una anchura de corte objetivo tras un tiempo de uso. Esto está provocado por el siguiente mecanismo. En dicho orificio compuesto de diamante monocristalino, los cristales de diamante en la superficie interior de un orificio tienen varias orientaciones de cristal hacia los alrededores. El orificio, que tiene forma cilíndrica, en la etapa inicial de uso experimenta abrasión en un plano susceptible a la abrasión en poco tiempo. Como resultado, la forma cilíndrica del orificio se pierde y la superficie interior se expande en forma de polígono tal como hexágono.

50 Para tratar dicha deformación en forma poligonal causada por un desgaste desigual, puede utilizarse diamante sinterizado (documento de patente 8). Sin embargo, esto provoca que los granos de diamante se desprendan con una disminución en la cantidad de un aglutinante, tal como se ha descrito anteriormente, y se expande un orificio. Por lo tanto, no se da estabilidad a una anchura de corte durante un largo período de tiempo, lo cual es un problema. En particular, un chorro de agua destinado a proporcionar una mayor eficiencia de corte está configurado para expulsar líquido que contiene agua y partículas rígidas (alúmina o similares) a alta presión. Como resultado, una región aglutinante de metal, que es más blanda que los granos de diamante, se desgasta en poco tiempo y la anchura de corte no da estabilidad durante un largo período de tiempo, lo cual es un problema. Para cubrir la superficie interior de un orificio con diamante policristalino sin aglutinante metálico, puede utilizarse un procedimiento en el que la superficie interior de un orificio metálico vaya recubierta por una película delgada de diamante sin aglutinante metálico por CVD (deposición química en fase de vapor) tal como se ha descrito anteriormente (véase el documento de patente 9). Sin embargo, dicha película delgada de diamante tiene una corta vida útil, y tiene una

pequeña resistencia de unión entre los granos y, por lo tanto, tiene una vida útil reducida, lo cual ha sido un problema.

Otro ejemplo es un punzón para impresión por rotograbado en el cual se utiliza un diamante monocristalino natural o artificial como material para el punzón (véase los documentos de patente 2 y 3). Sin embargo, posiblemente debido a que dicho diamante presenta la propiedad de exfoliación, dicha herramienta se rompe o se agrieta por una tensión durante el uso, lo cual es un problema. Debido a la propiedad de desgaste desigual, dicho diamante se desgasta sólo en un plano específico en poco tiempo a medida que se utiliza la herramienta y, por lo tanto, no puede trabajarse durante un largo período de tiempo, lo que también ha sido un problema.

Otro ejemplo más es una aguja que incluye diamante monocristalino. Por ejemplo, tal como se muestra en el documento de patente 4, el diamante monocristalino en forma de poliedro se utiliza para grabar sustratos monocristalinos, sustratos de vidrio y similares con un vértice del poliedro, actuando el vértice de cuchilla. Dicha aguja compuesta de diamante monocristalino se produce trabajando el diamante monocristalino de manera que el plano (111), que es el más resistente a la abrasión contra una pieza de trabajo que se va a grabar y está compuesto de un material monocristalino tal como zafiro, se dispone particularmente para quedar alineado paralelo al trabajo a grabar. Sin embargo, posiblemente debido a que el diamante monocristalino tiene la propiedad de exfoliación a lo largo del plano (111) tal como se descrito anteriormente, las agujas compuestas de diamante monocristalino se agrietan o se desgastan de manera desigual cuando un plano utilizado para grabar se desvía ligeramente del plano (111), lo cual ha sido un problema.

Todavía otro ejemplo es una herramienta de corte de diamante en la cual se utiliza diamante monocristalino natural o artificial como material para la herramienta (véase los documentos de patente 5 y 6). Sin embargo, debido a los problemas de la propiedad de exfoliación y la propiedad del desgaste desigual del diamante monocristalino tal como se ha descrito anteriormente, dicha herramienta compuesta de diamante monocristalino tiene el problema de que la herramienta se rompe o se agrieta debido a la tensión durante el uso, se desgasta sólo en un plano específico en poco tiempo a medida que se utiliza la herramienta, y no puede trabajarse durante un largo período de tiempo.

Todavía otro ejemplo es una rueda de grabado en la cual se utiliza diamante monocristalino como material para la rueda de grabado. Por ejemplo, tal como se muestra en el documento de patente 7, se forman unas líneas grabadas en un material frágil, tal como vidrio para paneles de cristal líquido con el borde en forma de V de la rueda, actuando el borde de borde de corte.

Sin embargo, al igual que con otras herramientas, una rueda de grabado se rompe o se agrieta debido a una tensión durante el uso debido al problema de la propiedad de exfoliación del diamante monocristalino, lo cual ha sido un problema. Debido a la propiedad de un desgaste desigual, dicha herramienta se desgasta sólo en un plano específico en poco tiempo a medida que se utiliza la herramienta, y el uso de la herramienta durante un largo período de tiempo no es posible, lo cual ha sido un problema. Una rueda de grabado compuesta de diamante monocristalino tiene un borde en forma de V en el que los cristales tienen varias orientaciones de cristal en la dirección circunferencial. Por lo tanto, el borde que tiene la forma de círculo perfecto en la etapa de uso inicial se desgasta en un plano susceptible de desgaste en poco tiempo y la forma circular perfecta se deforma en forma de un polígono. Como resultado, la rueda ya no puede rodar, lo cual ha sido un problema.

Para tratar la propiedad de exfoliación y la propiedad de desgaste desigual en las diversas herramientas descritas anteriormente, puede utilizarse un compacto de diamante sinterizado como material para tales herramientas, actuando el compacto que contiene metal como aglutinante (documentos de patente 7 y 10). Sin embargo, a pesar de que se utiliza diamante sinterizado, es probable que se produzcan los siguientes problemas: una región aglutinante de metal que contiene cobalto o similar es más blanda que los granos de diamante y, por lo tanto, se desgasta en poco tiempo, y se produce un desgaste adhesivo entre la región aglutinante de metal y no puede realizarse un material metálico que se trabaje tal como cobre y se trabaje durante un largo período de tiempo. Este aglomerante metálico en el compacto de diamante sinterizado puede eliminarse disolviendo el aglutinante metálico con ácido. Sin embargo, esto reduce la fuerza de unión de los granos de diamante, lo que probablemente aumenta la pérdida por abrasión. El diamante policristalino que se produce por CVD y no presenta aglutinante metálico tiene una pequeña resistencia de unión entre los granos y, por lo tanto, probablemente tiene un problema dado que dicho diamante tiene una vida útil corta. El documento de patente 11 describe un diamante policristalino que tiene una microestructura mezclada, que presenta una dureza y una resistencia al calor favorables. Sin embargo, sigue siendo deseable un diamante policristalino que no sólo presente una dureza elevada sino también una pérdida de abrasión reducida y una vida útil prolongada. El documento JP2003 292397 describe diamante policristalino obtenido por conversión y sinterizado de carbono no diamantado bajo una presión de 12 - 25 GPa y a una temperatura de 1800°C-2600°C sin adición de ayuda de sinterizado o un catalizador, en el que granos de diamante sinterizado que constituyen el diamante policristalino tienen un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm (por ejemplo, 100 nm) y una pureza de un 99% o más, presentando una dureza de 100 GPa o más (por ejemplo,

110 GPa), y en el que el carbono no diamantado es un material de carbono que tiene una estructura de capas de tipo grafito.

[Documento de patente 1] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2000-061897  
 [Documento de patente 2] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2006-123137  
 [Documento de patente 3] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2006-518699  
 [Documento de patente 4] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2005-289703  
 [Documento de patente 5] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2004-181591  
 [Documento de patente 6] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2003-025118  
 [Documento de patente 7] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2007-031200  
 [Documento de patente 8] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 10-270407  
 [Documento de patente 9] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2006-159348  
 [Documento de patente 10] Publicación internacional nº WO 03/051784 A1  
 [Documento de patente 11] Publicación internacional Solicitud de patente americana nº publ. US 2009/0305039 A1

Divulgación de la invención

Problemas a resolver por la invención

En vista de los problemas descritos anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar un diamante policristalino aplicable a diversas aplicaciones; y un orificio de chorro de agua, un punzón para impresión por rotograbado, una aguja, una herramienta de corte de diamante y una rueda de grabado que incluye dicho diamante policristalino. En particular, un objeto de la presente invención es proporcionar un orificio de chorro de agua que proporcione una anchura de corte con estabilidad durante un largo período de tiempo, un punzón para impresión de rotograbado, una aguja, una herramienta de corte de diamante y una rueda de grabado que permita un trabajo estable durante un largo período de tiempo, en comparación con herramientas convencionales que incluyen diamantes monocristalinos y compactos de diamantes sinterizados que contienen aglutinantes metálicos.

Medios para resolver los problemas

Para resolver los problemas descritos anteriormente, los inventores de la presente invención han realizado estudios exhaustivos. Como resultado, han descubierto que un diamante policristalino es ventajosamente aplicable a diversas aplicaciones, el diamante policristalino no conteniendo un aglutinante metálico tal como cobalto, presentando un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm y una pureza de un 99 % o más, y siendo el diámetro de grano D90 del sinterizado (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos. Han logrado, por lo tanto, la presente invención. Específicamente, la presente invención va dirigida, tal como se describe a continuación, a un diamante policristalino; un orificio de chorro de agua, un punzón para impresión por rotograbado, una aguja, una herramienta de corte de diamante, y una rueda de grabado que incluye un diamante policristalino y permite un trabajo estable durante un largo período de tiempo.

<Diamante policristalino>

(1) Diamante policristalino obtenido por conversión y sinterizado de carbono no diamantado bajo una presión de entre 12 y 25 GPa y a una temperatura de entre 1800°C y 2600°C sin adición de ayuda de sinterizado o un catalizador, en el que los granos de diamante sinterizado que constituyen el diamante policristalino presenten un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm y una pureza de un 99% o más, y el diamante presenta un diámetro de grano D90 que cumple la siguiente ecuación:

$$\text{Diámetro de grano D90} \leq \text{diámetro de grano promedio} + \text{diámetro de grano promedio} \times 0,9.$$

(2) El diamante policristalino de acuerdo con (1) anterior, en el que los granos de diamante sinterizado tienen un diámetro de grano D90 de (diámetro de grano promedio + diámetro de grano promedio × 0,7) o menos.

(3) El diamante policristalino de acuerdo con (1) anterior, en el que los granos de diamante sinterizado tienen un diámetro de grano D90 de (diámetro de grano promedio + diámetro de grano promedio × 0,5) o menos.

(4) El diamante policristalino de acuerdo con uno cualquiera de los apartados (1) a (3) anteriores, en el que el diamante policristalino tiene una dureza de 100 GPa o más.

(5) El diamante policristalino de acuerdo con uno cualquiera de los apartados (1) a (4) anteriores, en el que el carbono no diamantado es un material de carbono que tiene una estructura de capa de tipo grafito.

<Orificio de chorro de agua>

(6) Un orificio de chorro de agua que incluye el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de (1) a (5) anteriores.

(7) El orificio de chorro de agua de acuerdo con (6) anterior, en el que una superficie interior de un orificio a través del cual pasa fluido de chorro de agua, estando formado el orificio en el diamante policristalino, tiene una rugosidad superficial Ra de 300 nm o menos.

(8) El orificio de chorro de agua de acuerdo con (6) o (7) anterior, en el que el orificio formado en el diamante policristalino tiene un diámetro de 10  $\mu\text{m}$  o más y 500  $\mu\text{m}$  o menos.

(9) El orificio de chorro de agua de acuerdo con uno cualquiera de (6) a (8) anteriores, en el que una relación (L/D) de una altura del orificio (L) a un diámetro del orificio (D) es de entre 10 y 500, estando formado el orificio en el diamante policristalino.

(10) El orificio de chorro de agua de acuerdo con (6) o (7) anterior, en el que el orificio formado en el diamante policristalino tiene un diámetro de más de 500  $\mu\text{m}$  y 5000  $\mu\text{m}$  o menos.

(11) El orificio de chorro de agua de acuerdo con uno cualquiera de (6), (7) y (10) anteriores, en el que una relación (L/D) entre una altura del orificio (L) y un diámetro del orificio (D) es de entre 0,2 y 10, estando formado el orificio en el diamante policristalino.

<Punzón para impresión por rotograbado>

(12) Un punzón para impresión por rotograbado que incluye el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de (1) a (5) anteriores.

< Aguja>

(13) Una aguja que incluye el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de (1) a (5) anteriores.

(14) La aguja de acuerdo con (13) anterior, en el que una cara de corte en el extremo de la aguja tiene forma de polígono que incluye tres o más bordes y los bordes del polígono, en parte o en su totalidad, se utilizan como cuchilla.

<Herramienta de corte de diamante>

(15) Una herramienta de corte de diamante que incluye el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de (1) a (5) anteriores.

<Rueda de grabado>

(16) Una rueda de grabado que incluye el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de (1) a (5) anteriores.

Ventajas

El diamante policristalino de acuerdo con la presente invención no se desgasta de manera desigual y, por lo tanto, es aplicable a diversas aplicaciones. Un orificio de chorro de agua de acuerdo con la presente invención puede proporcionar una anchura de corte con estabilidad durante un largo período de tiempo, en comparación con los orificios convencionales que incluyen diamantes monocristalinos y compactos de diamantes sinterizados que contienen aglomerantes metálicos. Un punzón para impresión por rotograbado, una aguja, una herramienta de corte de diamante, y una rueda de grabado de acuerdo con la presente invención permiten un trabajo estable durante un largo período de tiempo, en comparación con las herramientas convencionales que incluyen diamantes monocristalinos y compactos de diamantes sinterizados que contienen aglomerantes metálicos.

Mejores modos para llevar a cabo la invención

A continuación, se describe en detalle el diamante policristalino de acuerdo con la presente invención. El diamante policristalino de acuerdo con la presente invención es sustancialmente un diamante monofásico (pureza de un 99% o más) y no contiene aglutinante metálico tal como cobalto. Dicho diamante policristalino puede obtenerse convirtiendo y sinterizando directamente carbono no diamantado que sirve como material de partida tal como grafito, carbono vítreo, o carbono amorfo en diamante bajo una presión ultra elevada y a una temperatura elevada (temperatura: entre 1800° C y 2600° C, presión: entre 12 y 25 GPa) sin catalizador o disolvente. El diamante policristalino resultante no se desgasta de manera desigual, lo cual ocurre en monocristales.

Hay que tener en cuenta que se conoce un procedimiento por el cual se produce diamante policristalino a partir de polvo de diamante o grafito que sirve como material de partida. Específicamente, en las siguientes referencias 1 a 4 se describen procedimientos mediante los cuales se producen diamantes policristalinos a partir de polvo de diamante que sirve como material y diamantes policristalinos obtenidos por estos procedimientos.

[Referencia 1] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2006-007677

[Referencia 2] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2002-187775

[Referencia 3] Patente japonesa nº 3855029

[Referencia 4] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2004-168554

La referencia 1 describe un diamante policristalino y los granos de diamante que constituyen este diamante policristalino tienen un diámetro de grano promedio de entre 80 nm y 1  $\mu$ m, que se encuentra en el intervalo definido por la presente invención. Sin embargo, la referencia 1 establece que el diamante policristalino se obtuvo por el procedimiento descrito en la referencia 2. La referencia 2 establece que el diamante policristalino se produce mediante un procedimiento de sinterizado de polvo de diamante con carbonato que sirve como ayuda de sinterizado y el carbonato permanece en el diamante policristalino resultante después del sinterizado. Por lo tanto, la estructura del diamante policristalino descrito en la referencia 1 es diferente de la estructura de un diamante policristalino de acuerdo con la presente invención.

En la referencia 3 se divulga otro procedimiento para sinterizar polvo de diamante con ayuda de sinterizado. Sin embargo, la referencia 3 indica que se ha comprobado con espectros IR que la ayuda de sinterizado permanece parcialmente en un diamante policristalino obtenido por este procedimiento. Por lo tanto, la estructura de este diamante policristalino también es diferente de la estructura de un diamante policristalino de acuerdo con la presente invención. La referencia 4 establece que los sinterizadores de las referencias 2 y 3 son inferiores en dureza a un sinterizado sin ayuda de sinterizado de acuerdo con la presente invención. Por lo tanto, la referencia 4 muestra que un sinterizado de acuerdo con la presente invención es excelente.

La referencia 4 anterior también describe un procedimiento para producir un diamante policristalino en el que no se utiliza ayuda de sinterizado. Este procedimiento utiliza micro polvo de diamante como material de partida y el diámetro de grano del sinterizado resultante es de 100 nm o menos, lo cual se encuentra en el intervalo definido por la presente invención. Sin embargo, en la presente invención se utiliza carbono no diamantado como material de partida. En particular, si se utiliza un material de carbono que tiene una estructura de capa de tipo grafito como material de partida, puede proporcionarse un diamante policristalino que tenga una estructura especial denominada estructura laminar, que no está presente en el diamante policristalino de la referencia 4. La referencia 5 que se describe a continuación establece que la extensión de las grietas se suprime en una región que tiene la estructura laminar. Esto demuestra que un diamante policristalino de acuerdo con la presente invención es menos propenso a romperse que el descrito en la referencia 4. En resumen, el diamante policristalino de acuerdo con la presente invención es totalmente diferente en estructura de los sinterizadores de diamante que se han descrito y, en consecuencia, presenta unas características mecánicas que son muy superiores a las de estos últimos.

Se dan, a continuación, unos ejemplos de referencias que describen procedimientos para obtener diamantes policristalinos en los que un material de carbono no diamantado que sirve como material de partida se convierte y sinteriza sin adición de ayuda de sinterizado o un catalizador a una presión ultra elevada de 12 GPa o más y a una elevada temperatura de 2200° C o más, como en la presente invención.

[Referencia 5] Revisión técnica SEI, 165 (2004) 68 (Sumiya y otros)

[Referencia 6] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2007-22888

[Referencia 7] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada nº 2003-292397

Se produjeron varias herramientas a partir de diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en las referencias 5 a 7 anteriores y se evaluó el rendimiento de las herramientas resultantes. Probablemente debido a que el diamante descrito en la referencia 5 contiene granos de crecimiento anormal que tienen un diámetro de aproximadamente 10 veces el diámetro de grano promedio y el diamante descrito en la referencia 6 contiene granos de diamante gruesos que se convierten a partir de un material grueso añadido, la evaluación reveló que las partes que tienen tales granos gruesos se desgastan extremadamente rápido. Después, se realizaron estudios exhaustivos sobre cómo eliminar tales partes que se desgastan extremadamente rápido y se ha revelado que es necesario controlar la distribución del diámetro de los granos sinterizados que constituyen el diamante policristalino. En consecuencia, varias herramientas producidas con distribuciones de diámetro de grano controladas no tenían granos desgastados extremadamente rápido y presentaron un rendimiento estable durante un largo período de tiempo. El diamante descrito en la referencia 7 tiene un crecimiento de grano anormal probablemente debido a que su procedimiento de producción es similar al de la referencia 5. El diamante descrito en la referencia 7 también tiene un problema similar al de la referencia 5)

El problema descrito anteriormente puede resolverse mediante el uso de un diamante policristalino en el que los granos sinterizados que constituyen el diamante policristalino presenten un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm y una pureza de un 99% o más, y el sinterizado presente un diámetro de grano D90 de (diámetro de grano promedio + 0,9  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos. Esto se debe a que se suprime el desgaste anormal al hacer que el diámetro de grano D90 de los granos sinterizados de diamante policristalino sea (diámetro de grano promedio + 0,9  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos.

El diámetro de grano promedio en la presente invención es el diámetro de grano promedio en número determinado con un microscopio electrónico de transmisión (Transmission Electron Microscope, TEM). El diámetro de grano

promedio y el diámetro de grano D90 pueden controlarse controlando el diámetro de grano de un material de partida o las condiciones de sinterizado.

5 Los siguientes son valores específicos para el diámetro de grano promedio y el diámetro de grano D90 que cumplen la relación descrita anteriormente en el diamante policristalino.

Ejemplo 1: si el diámetro de grano promedio es de 60 nm, el diámetro del grano D90 es de 114 nm o menos.

Ejemplo 2: si el diámetro de grano promedio es de 100 nm, el diámetro del grano D90 es de 190 nm o menos.

Ejemplo 3: si el diámetro de grano promedio es de 500 nm, el diámetro del grano D90 es de 950 nm o menos.

10 El diámetro de grano D90 es más preferiblemente (diámetro de grano promedio +  $0,7 \times$  diámetro de grano promedio) o menos, y todavía más preferiblemente (diámetro de grano promedio +  $0,5 \times$  diámetro de grano promedio) o menos. Si el diámetro de grano promedio es de 50 nm o menos o de 2500 nm o más, la dureza llega a ser de menos de 100 GPa y el desgaste se produce en un corto período de tiempo y, por lo tanto, no se obtiene una anchura de corte con estabilidad durante un largo período de tiempo.

15 A continuación, se describirá en detalle un orificio de chorro de agua de acuerdo con la presente invención. Dado que el material de un orificio de acuerdo con la presente invención es el diamante policristalino descrito anteriormente de acuerdo con la presente invención, un orificio de chorro de agua de acuerdo con la presente invención no se desgasta de manera desigual, lo cual ocurre en los orificios compuestos de monocristales.

20 Los inventores de la presente invención produjeron orificios con diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en las referencias 5 a 7 anteriores y se determinaron las anchuras de corte de estos orificios. Esta determinación reveló que los diamantes obtenidos de acuerdo con estas referencias contienen granos gruesos tal como se ha descrito anteriormente y, por lo tanto, las partes correspondientes a dichos granos gruesos se desgastan extremadamente rápido. En este caso, la velocidad de flujo de un solvente de chorro de agua disminuye en tales partes y la dirección del flujo cambia. Como resultado, la anchura de corte disminuye o aumenta con el paso del tiempo de corte y la anchura de corte no se estabiliza y, por lo tanto, no se proporciona una anchura de corte deseada, lo cual ha sido un problema.

25 Los inventores han descubierto que, para obtener una anchura de corte deseada con estabilidad, dichas partes que se desgastan extremadamente rápido deben eliminarse, y esto se logra controlando la distribución de los diámetros de grano de un sinterizado. Específicamente, los granos que se desgastan extremadamente rápido se eliminan en un orificio compuesto por un diamante que tiene una distribución controlada de diámetros de grano, siendo el diamante un diamante policristalino de acuerdo con la presente invención en el que el diamante policristalino tiene un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm y una pureza de un 99% o más, y el sinterizado tiene un diámetro de grano D90 de (diámetro de grano promedio +  $0,9 \times$  diámetro de grano promedio) o menos. Por lo tanto, el problema descrito anteriormente se ha resuelto con dicho orificio y el uso de dicho orificio puede proporcionar una anchura de corte deseada con estabilidad durante un largo período de tiempo.

30 El diamante policristalino utilizado para un orificio de chorro de agua de acuerdo con la presente invención tiene preferiblemente un diámetro de grano promedio y un diámetro de grano D90 que satisfacen respectivamente los intervalos descritos anteriormente. El diámetro de grano D90 de un sinterizado se selecciona deseablemente de acuerdo con el diámetro promedio de partículas rígidas contenidas en el fluido utilizado para la inyección de agua. Cuando el diámetro promedio de las partículas rígidas es sustancialmente igual o menor que el diámetro de grano promedio de la estructura de un sinterizado, no se da una anchura de corte con estabilidad durante un largo período de tiempo. Esto se debe a que las partículas rígidas colisionan no con una pluralidad de sino una sola superficie de un grano de sinterizado al colisionar con la estructura del sinterizado, y cuando la superficie tiene una orientación de cristal susceptible al desgaste, el grano se desgasta extremadamente rápido. Por esta razón, el diámetro de grano D90 de un sinterizado de un orificio se selecciona para que sea  $1/10$  o menos del diámetro de las partículas rígidas. Esto se muestra en el siguiente ejemplo con valores específicos. Ejemplo 4: cuando el diámetro de las partículas rígidas es de  $50 \mu\text{m}$ , el D90 es de  $5 \mu\text{m}$  o menos.

35 El diamante policristalino que constituye un orificio de chorro de agua tiene preferiblemente una dureza de 100 GPa o más. Si el diamante policristalino tiene una dureza de menos de 100 GPa, el orificio tiene una vida más corta. La superficie interior de un orificio a través del cual pasa el fluido de chorro de agua tiene preferiblemente una rugosidad superficial Ra de 300 nm o menos. Si la rugosidad de la superficie Ra es más de 300 nm, el orificio tiene una vida más corta.

40 Si un orificio formado en diamante policristalino tiene un diámetro de  $10 \mu\text{m}$  o más y  $500 \mu\text{m}$  o menos, la relación (L/D) entre una altura de orificio (L) y un diámetro de orificio (D) es preferiblemente entre 10 y 500. Si un orificio formado en diamante policristalino tiene un diámetro de más de  $500 \mu\text{m}$  y  $5000 \mu\text{m}$  o menos, la relación (L/D) entre una altura de orificio (L) y un diámetro de orificio (D) es preferiblemente de entre 0,2 y 10.

En lo sucesivo, se describirá en detalle un punzón para impresión por rotograbado de acuerdo con la presente invención. Dado que el material de un punzón para impresión por rotograbado de acuerdo con la presente invención es el diamante policristalino descrito anteriormente de acuerdo con la presente invención, un punzón para impresión por rotograbado de acuerdo con la presente invención no se desgasta de manera desigual, lo cual ocurre en los punzones compuestos por monocristales.

Los inventores de la presente invención produjeron punzones con diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en las referencias 5 a 7 anteriores y se inspeccionó la trabajabilidad de estos punzones. Esta inspección reveló que los diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en estas referencias contienen granos gruesos tal como se ha descrito anteriormente y, por lo tanto, las partes correspondientes a dichos granos gruesos se desgastan extremadamente rápido. En este caso, dichas partes causan rasguños a modo de rayas en el metal que se trabaja y, por lo tanto, no es posible un trabajo deseado, lo cual ha sido un problema.

Los inventores han descubierto que, para permitir un trabajo estable deseado, dichas partes que se desgastan extremadamente rápido deben eliminarse, y esto se logra controlando la distribución de los diámetros de grano de un sinterizado. Por consiguiente, se produjo un punzón que incluía diamante policristalino que tiene una distribución controlada de diámetros de grano de acuerdo con la presente invención. Los granos que se desgastan extremadamente rápido se eliminan en este punzón y se logró un trabajo estable deseado con el punzón durante un largo período de tiempo.

El diamante policristalino de acuerdo con la presente invención incluye granos de diamante sinterizado que tienen un diámetro de grano D90 de (diámetro de grano promedio +  $0,9 \times$  diámetro de grano promedio) o menos. Como resultado, puede suprimirse un desgaste anormal. El diamante policristalino que constituye un punzón para impresión por rotograbado tiene preferiblemente una dureza de 100 GPa o más. Si el diamante policristalino tiene una dureza de menos de 100 GPa, el punzón tiene una vida más corta. Si el diámetro del grano promedio es de 50 nm o menos o de 2500 nm o más, la dureza se vuelve inferior a 100 GPa y el desgaste se produce en un corto período de tiempo y, por lo tanto, no es posible un trabajo estable durante un largo período de tiempo.

A continuación, se describirá en detalle una aguja de acuerdo con la presente invención. Dado que el material de una aguja de acuerdo con la presente invención es el diamante policristalino descrito anteriormente de acuerdo con la presente invención, una aguja de acuerdo con la presente invención no se desgasta de manera desigual, lo cual ocurre en los punzones compuestos de monocristales.

La referencia 1 anterior divulga una aguja compuesta por un diamante policristalino y los granos de diamante que constituyen el diamante policristalino de esta aguja tienen un diámetro de grano promedio de entre 80 nm y 1  $\mu$ m, lo cual se encuentra en el intervalo definido por la presente invención. Sin embargo, tal como se ha descrito anteriormente, un diamante policristalino producido por el procedimiento de producción descrito en la referencia 1 (referencia 2) contiene carbonato que queda después del sinterizado. Por lo tanto, dicho diamante policristalino es diferente en estructura de un diamante policristalino de acuerdo con la presente invención.

Los inventores de la presente invención produjeron agujas a partir de diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en las referencias 5 a 7 anteriores y se inspeccionó la viabilidad de estas agujas. Esta inspección reveló que los diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en estas referencias contienen granos gruesos tal como se ha descrito anteriormente y, por lo tanto, las partes correspondientes a dichos granos gruesos se desgastan extremadamente rápido. Los inventores han descubierto que, para permitir un trabajo estable deseado, tales partes que se desgastan extremadamente rápido deben eliminarse, y esto se logra controlando la distribución de los diámetros de grano de un sinterizado. En consecuencia, se produjo una aguja que incluye un diamante policristalino que tiene una distribución controlada de diámetros de grano de acuerdo con la presente invención. Los granos que se desgastan extremadamente rápido se eliminaron en esta aguja y se logró un trabajo estable deseado con la aguja durante un largo período de tiempo.

El diamante policristalino que constituye una aguja tiene preferiblemente una dureza de 100 GPa o más. Si el diámetro del grano promedio es de 50 nm o menos o de 2500 nm o más, la dureza se vuelve inferior a 100 GPa. Si la dureza es inferior a 100 GPa, el desgaste se produce en un corto período de tiempo y, por lo tanto, el trabajo estable no es posible durante un largo período de tiempo y la aguja tiene una vida más corta.

A continuación, se describirá en detalle una herramienta de corte de diamante de acuerdo con la presente invención. Dado que el diamante policristalino que sirve como material de una herramienta de diamante de acuerdo con la presente invención es el diamante policristalino descrito anteriormente de acuerdo con la presente invención, el diamante policristalino es sustancialmente un diamante monofásico (pureza de un 99% o más) y no contiene aglutinante de metal tal como cobalto. Por esta razón, una herramienta de corte de diamante de acuerdo con la

presente invención no se desgasta de manera desigual, lo cual ocurre en herramientas de diamante que incluyen monocristales.

Los inventores de la presente invención produjeron herramientas de diamante a partir de diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en las referencias 5 a 7 anteriores y se inspeccionó la viabilidad de estas herramientas. Esta inspección reveló que los diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en estas referencias contienen granos gruesos tal como se ha descrito anteriormente y, por lo tanto, las partes correspondientes a dichos granos gruesos se desgastan extremadamente rápido. En este caso, tales partes causan rasguños a modo de rayas o similares en el metal que se está trabajando y, por lo tanto, no es posible un trabajo deseado, lo cual ha sido un problema.

Los inventores han descubierto que, para permitir un trabajo estable deseado, tales partes que se desgastan extremadamente rápido deben eliminarse, y esto se logra controlando la distribución de los diámetros de grano de un sinterizado. En consecuencia, se produjo una herramienta de diamante que incluye un diamante policristalino que tiene una distribución controlada de diámetros de grano de acuerdo con la presente invención. Los granos que se desgastan extremadamente rápido se eliminaron en esta herramienta y se logró un trabajo estable deseado con la herramienta durante un largo período de tiempo.

El diamante policristalino que constituye una herramienta de corte de diamante tiene preferiblemente una dureza de 100 GPa o más. Si el diamante policristalino tiene una dureza de menos de 100 GPa, el desgaste se produce en un corto período de tiempo y, por lo tanto, no es posible un trabajo estable durante un período prolongado y una herramienta de diamante de este tipo tiene una vida útil más corta. Por esta razón, los granos sinterizados de diamante policristalino se forman para que tengan un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm y una dureza de 100 GPa o más. Si el diámetro del grano promedio es de 50 nm o menos o de 2500 nm o más, la dureza se vuelve inferior a 100 GPa. Los granos de un sinterizado están formados para que tengan un diámetro de grano D90 de (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos para suprimir un desgaste anormal.

En lo sucesivo, se describirá en detalle una rueda de grabado de acuerdo con la presente invención. Dado que el diamante policristalino que sirve como material de una rueda de grabado de acuerdo con la presente invención es el diamante policristalino descrito anteriormente de acuerdo con la presente invención, el diamante policristalino es sustancialmente un diamante monofásico (pureza de un 99% o más) y no contiene aglutinante de metal tal como cobalto. Por esta razón, una rueda de grabado de acuerdo con la presente invención no se desgasta de manera desigual, lo cual ocurre en las ruedas de grabado que incluyen monocristales.

Los inventores de la presente invención produjeron unas ruedas de grabado a partir de diamantes policristalinos obtenidos por los procedimientos descritos en las referencias 5 a 7 anteriores y se inspeccionó la trabajabilidad de estas ruedas de grabado. Esta inspección reveló que los diamantes obtenidos por los procedimientos descritos en estas referencias contienen granos gruesos tal como se ha descrito anteriormente y, por lo tanto, las partes correspondientes a dichos granos gruesos se desgastan extremadamente rápido.

Los inventores han descubierto que, para permitir un trabajo estable deseado, tales partes que se desgastan extremadamente rápido deben eliminarse, y esto se logra controlando la distribución de los diámetros de grano de un sinterizado. En consecuencia, se produjo una rueda de grabado que incluye un diamante policristalino que tiene una distribución controlada de diámetros de grano de acuerdo con la presente invención. Los granos que se desgastan extremadamente rápido se eliminaron en esta rueda de grabado y se logró un trabajo estable deseado con la rueda de grabado durante un largo período de tiempo.

El diamante policristalino que constituye una rueda de grabado tiene preferiblemente una dureza de 100 GPa o más. Si el diámetro del grano promedio es de 50 nm o menos o de 2500 nm o más, la dureza se vuelve inferior a 100 GPa. Si la dureza es inferior a 100 GPa, el desgaste se produce en un corto período de tiempo y, por lo tanto, no se logra un trabajo estable durante un largo período de tiempo y la rueda de grabado tiene una vida más corta.

#### Ejemplos

En lo sucesivo, la presente invención se describe con referencia a unos ejemplos en los que el diamante policristalino de acuerdo con la presente invención se utiliza como materiales para orificios de chorro de agua, punzones para impresión de rotograbado, agujas, herramientas de corte de diamantes y ruedas de grabado. Se describirán procedimientos de medición y procedimientos de evaluación utilizados en los Ejemplos y los Ejemplos Comparativos.

<Diámetro de grano promedio y diámetro de grano D90>

Los diámetros de grano D50 (diámetros de grano promedio) y los diámetros de grano D90 de granos de grafito en material de grafito cocido y granos de diamante sinterizado en diamante policristalino en la presente invención se obtienen realizando un análisis de imagen en base a imágenes fotográficas con un microscopio electrónico de transmisión bajo un aumento de entre 100000 y 500000. En lo sucesivo, se describe este procedimiento en detalle.

5 En primer lugar, se determina la distribución de los diámetros de los granos de cristal que constituyen un sinterizado en base a una imagen tomada con un microscopio electrónico de transmisión. Específicamente, cada grano se muestrea, se somete un grano muestreado a binarización, y el área (S) de cada grano se calcula con un software de análisis de imagen (por ejemplo, Scion Image fabricado por Scion Corporation). El diámetro (D) de cada grano se calcula como el diámetro ( $D = 2\sqrt{S/\pi}$ ) de un círculo que tiene la misma área que el grano. En segundo lugar, se procesa la distribución de diámetros de grano así obtenida con un software de análisis de datos (por ejemplo, Origin de OriginLab Corporation, Mathcad de Parametric Technology Corporation, o similar) para calcular el diámetro de grano D50 y el diámetro de grano D90. Un microscopio electrónico de transmisión utilizado en los ejemplos y ejemplos comparativos descritos a continuación fue un H-9000 fabricado por Hitachi, Ltd.

15 <Dureza>

La dureza se midió en los Ejemplos y los Ejemplos Comparativos con un penetrador Knoop con una carga de medición de 4,9 N.

20 <Rugosidad superficial>

La rugosidad superficial de la superficie interior de un orificio se reguló ajustando los diámetros de partícula de un agente de pulido para pulir la superficie interior. La rugosidad superficial se midió de acuerdo con JIS B0601 con un probador de rugosidad superficial de tipo con contacto. Dado que no puede insertarse un punzón de medición en un orificio, se cortó y se midió otro orificio producido por separado por los mismos procesos.

[EJEMPLO 1] Orificio de chorro de agua

30 Se describen, a continuación, unos ejemplos de orificios de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Los ejemplos 1-1 a 1-3 son ejemplos en los cuales se varió la rugosidad superficial. Los ejemplos 1-4 a 1-6 son ejemplos en los cuales se varió el diámetro del orificio. Los ejemplos 1-7 a 1-12 son ejemplos en los cuales se varió el diámetro de grano promedio y el diámetro de grano D90. Los ejemplos 1-13 y 1-14 son ejemplos en los cuales se incrementó tanto el diámetro del grano promedio como el diámetro del orificio.

35 [Ejemplo 1-1]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio +  $0,9 \times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu$ m, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 290 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu$ m y fue un largo tiempo de 160 horas. Para fines de comparación, también se evaluó la misma propiedad de corte de un orificio compuesto de un diamante sinterizado que tiene un diámetro de grano promedio de cristal de 5  $\mu$ m (que contiene aglutinante de cobalto) y el tiempo fue de aproximadamente 50 horas, el cual fue extremadamente corto.

50 [Ejemplo 1-2]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio +  $0,9 \times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu$ m, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 50 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu$ m y fue un largo tiempo de 240 horas. Para fines de comparación, también se evaluó la misma propiedad de corte de un orificio compuesto de un diamante sinterizado que tiene un diámetro de grano promedio de cristal de 5

µm (que contiene aglutinante de cobalto) y el tiempo fue de aproximadamente 70 horas, el cual fue extremadamente corto.

[Ejemplo 1-3]

5 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200 µm, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 5 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 10 15 300 µm y fue un largo tiempo de 520 horas. Para fines de comparación, también se evaluó la misma propiedad de corte de un orificio compuesto de un diamante sinterizado que tiene un diámetro de grano promedio de cristal de 5 µm (que contiene aglutinante de cobalto) y el tiempo fue de aproximadamente 90 horas, el cual fue extremadamente corto.

20 [Ejemplo 1-4]

25 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio), como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 450 µm, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 290 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 30 35 550 µm y fue un largo tiempo de 165 horas. Para fines de comparación, también se evaluó la misma propiedad de corte de un orificio compuesto de un diamante sinterizado que tiene un diámetro de grano promedio de cristal de 5 µm (que contiene aglutinante de cobalto) y el tiempo fue de aproximadamente 55 horas, el cual fue extremadamente corto.

35 [Ejemplo 1-5]

40 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 50 µm, una altura de orificio de 5 45 50 mm, y una rugosidad superficial Ra de 290 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 100 µm y fue un largo tiempo de 210 horas. Para fines de comparación, también se evaluó la misma propiedad de corte de un orificio compuesto de un diamante sinterizado que tiene un diámetro de grano promedio de cristal de 5 µm (que contiene aglutinante de cobalto) y el tiempo fue de aproximadamente 75 horas, el cual fue extremadamente corto.

[Ejemplo 1-6]

55 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 15 µm, una altura de orificio de 7 60 mm, y una rugosidad superficial Ra de 290 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 30 µm y fue un largo tiempo de 230 horas. Para fines de comparación, también se evaluó la misma propiedad de

corte de un orificio compuesto de un diamante sinterizado que tiene un diámetro de grano promedio de cristal de 5  $\mu\text{m}$  (que contiene aglutinante de cobalto) y el tiempo fue de aproximadamente 80 horas, el cual fue extremadamente corto.

5 [Ejemplo 1-7]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 175 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,7  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 230 nm y un diámetro de grano D90 de 380 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 115 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 280 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 180 horas.

[Ejemplo 1-8]

20 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 135 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 180 nm y un diámetro de grano D90 de 260 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 125 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 280 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 210 horas.

30 [Ejemplo 1-9]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 55 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 105 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 250 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 130 horas.

45 [Ejemplo 1-10]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante más tiempo que en el Ejemplo 1-9 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 560 nm y un diámetro de grano D90 de 830 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 120 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 240 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 160 horas.

55 [Ejemplo 1-11]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante más tiempo que en el Ejemplo 1-9 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 1100 nm y un

diámetro de grano D90 de 1600 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 250 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 150 horas.

[Ejemplo 1-12]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante más tiempo que en el Ejemplo 1-9 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 270 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 110 horas.

[Ejemplo 1-13]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante más tiempo que en el Ejemplo 1-9 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 1500  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 270 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 2000  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 210 horas.

[Ejemplo 1-14]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante más tiempo que en el Ejemplo 1-9 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 3500  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 0,7 mm, y una rugosidad superficial Ra de 270 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 4500  $\mu\text{m}$  y fue un largo tiempo de 160 horas.

[Ejemplo 1-15]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9  $\times$  diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200  $\mu\text{m}$ , una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 350 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300  $\mu\text{m}$  y fue un corto tiempo de 95 horas.

[Ejemplo comparativo 1-2]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 1,1  $\times$  diámetro de grano promedio), como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado

de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 400 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200 μm, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 290 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300 μm y fue un corto tiempo de 90 horas.

[Ejemplo comparativo 1-3]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio), como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 45 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 95 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200 μm, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 250 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300 μm y fue un corto tiempo de 80 horas.

[Ejemplo comparativo 1-4]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio), como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable durante un largo período de tiempo. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2700 nm y un diámetro de grano D90 de 3900 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 91 GPa. A partir de este material policristalino se produjo un orificio, presentando el orificio un diámetro de orificio de 200 μm, una altura de orificio de 5 mm, y una rugosidad superficial Ra de 240 nm en la superficie del orificio. Se evaluó una propiedad de corte por chorro de agua de este orificio. Se determinó el tiempo de corte durante el cual el diámetro del orificio se expandió a 300 μm y fue un corto tiempo de 85 horas.

La tabla I muestra valores de los granos sinterizados de los diamantes policristalinos en los Ejemplos y los Ejemplos Comparativos anteriores en términos de diámetro de grano promedio, diámetro de grano D90, un coeficiente (K), dureza, y vida útil. Téngase en cuenta que el coeficiente (K) se define en la siguiente ecuación (1).

$$\text{Diámetro de grano D90} = \text{diámetro de grano promedio} + \text{diámetro de grano promedio} \times K \quad (1)$$

[Tabla I]

	Diámetro de grano promedio (nm)	D90 (nm)	Coeficiente	Dureza (GPa)	Rugosidad superficial (nm)	Diámetro del orificio (D) (μm)	Altura del orificio (L) (nm)	L/D <sup>(1)</sup>	Horas de vida (H)	Vida de diamante que contiene Co - horas (H)
Ejemplo 1-1	200	370	0,85	110	290	200	5	25	160	50
Ejemplo 1-2	200	370	0,85	110	50	200	5	25	240	70
Ejemplo 1-3	200	370	0,85	110	5	200	5	25	520	90
Ejemplo 1-4	200	370	0,85	110	290	450	5	11	165	55
Ejemplo 1-5	200	370	0,85	110	290	50	5	100	210	75
Ejemplo 1-6	200	370	0,85	110	290	15	7	467	230	80
Ejemplo 1-7	230	380	0,65	115	280	200	5	25	180	-
Ejemplo 1-8	180	260	0,44	125	280	200	5	25	10	-
Ejemplo 1-9	55	80	0,45	105	250	200	5	25	30	-
Ejemplo 1-10	560	830	0,48	120	240	200	5	25	60	-
Ejemplo 1-11	1100	1600	0,45	112	250	200	5	25	150	-
Ejemplo 1-12	2400	3500	0,46	102	270	200	5	25	110	-
Ejemplo 1-13	2400	3500	0,46	102	270	1500	5	3	210	-
Ejemplo 1-14	2400	3500	0,46	102	270	3500	0,7	0,2	160	-
Ejemplo 1-15	200	370	0,85	110	350	200	5	25	95	-
Ejemplo comparativo 1-2	200	400	1,00	112	290	200	5	25	90	-

Ejemplo comparativo 1-3	45	80	0,78	95	250	200	5	25	80	-
Ejemplo comparativo 1-4	2700	3900	0,44	91	240	200	5	25	85	-

\* 1): L/D: altura del orificio (L)/diámetro del orificio (D)

[EJEMPLO 2] Punzón para impresión por rotograbado

5 A continuación, se describen unos Ejemplos de punzones para impresión por rotograbado de acuerdo con la presente invención y unos Ejemplos Comparativos. Se describirá un procedimiento de evaluación para punzones en términos de resistencia al desgaste.

<Evaluación de resistencia al desgaste>

10 Se produjo un punzón con un ángulo incluido de 120° a partir de diamante policristalino obtenido. Se trabajó una pieza de trabajo de cobre con este punzón accionada a una frecuencia de 8 kHz y se determinó el tiempo de trabajo durante el cual la profundidad de desgaste en una parte de línea de borde en un lado se aumentó a 10 μm. La resistencia al desgaste del punzón se evaluó en función de este tiempo de trabajo definido como la vida útil del punzón.

[Ejemplo 2-1]

20 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presenta una larga vida útil de 240 horas. Para fines de comparación, se evaluó la misma propiedad de trabajo de un punzón compuesto de diamante monocristalino y el tiempo fue de aproximadamente 60 horas, lo cual fue extremadamente corto.

[Ejemplo 2-2]

30 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 110 nm y un diámetro de grano D90 de 175 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,7 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 230 nm y un diámetro de grano D90 de 380 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 115 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una larga vida útil de 280 horas.

[Ejemplo 2-3]

40 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 135 nm y un diámetro de grano D90 de 175 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 180 nm y un diámetro de grano D90 de 260 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 125 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una larga vida útil de 320 horas.

[Ejemplo 2-4]

50 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 55 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 105 GPa. Se produjo un punzón con un ángulo incluido de 120° a partir del diamante policristalino obtenido. Este punzón producido a partir del diamante policristalino presentó una larga vida útil de 200 horas.

[Ejemplo 2-5]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 2-4 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 560 nm y un diámetro de grano D90 de 830 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 120 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una larga vida útil de 180 horas.

[Ejemplo 2-6]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 2-5 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 1100 nm y un diámetro de grano D90 de 1600 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una larga vida útil de 170 horas.

[Ejemplo 2-7]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 2-6 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una larga vida útil de 150 horas.

[Ejemplo comparativo 2-1]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 1,1 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 400 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una corta vida útil de 90 horas.

[Ejemplo comparativo 2-2]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 20 nm y un diámetro de grano D90 de 37 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 45 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 95 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una corta vida útil de 85 horas.

[Ejemplo comparativo 2-3]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2700 nm y un diámetro de grano D90 de 3900 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 91 GPa. Un punzón producido a partir de este diamante policristalino presentó una corta vida útil de 70 horas.

[Ejemplo comparativo 2-4]

Se evaluó probó la resistencia al desgaste de un punzón producido a partir de diamante monocristalino que sirvió como material de la misma manera que en el Ejemplo 1 y este punzón presentó una vida útil de 60 horas.

5 La Tabla II muestra valores de los granos sinterizados de los diamantes policristalinos en los Ejemplos y los Ejemplos Comparativos anteriores en términos de diámetro de grano promedio, diámetro de grano D90, el coeficiente (K), dureza, y vida útil. Téngase en cuenta que el coeficiente (K) está definido por la ecuación (1) anterior.

[Tabla II]

10

	Diámetro de grano promedio	D90 nm	Coeficiente (K)	Dureza GPa	Vida útil horas (H)
Ejemplo 2-1	200	370	0,85	110	240
Ejemplo 2-2	230	380	0,65	115	280
Ejemplo 2-3	180	260	0,44	125	320
Ejemplo 2-4	55	80	0,45	105	200
Ejemplo 2-5	560	830	0,48	120	180
Ejemplo 2-6	1100	1600	0,45	112	170
Ejemplo 2-7	2400	3500	0,46	102	150
Ejemplo comparativo 2-1	200	400	1,00	112	90
Ejemplo comparativo 2-2	45	80	0,78	95	85
Ejemplo comparativo 2-3	2700	3900	0,44	91	70
Ejemplo comparativo 2-4	-	-	-	-	60

[EJEMPLO 3] Aguja

15 A continuación, se describen Ejemplos de agujas de acuerdo con la presente invención y Ejemplos Comparativos. Se describirá un procedimiento de evaluación para agujas en términos de resistencia al desgaste.

<Evaluación de resistencia al desgaste>

20 Se produjo una aguja de 4 puntos a partir de material policristalino obtenido y se sometió a una prueba de desgaste donde se grabó un sustrato de zafiro con la aguja bajo una carga de 50 g, a una velocidad de grabado de 1 cm/min, y para una distancia de grabado de 1 m. La resistencia al desgaste de la aguja se evaluó en base a la pérdida por abrasión en la prueba.

[Ejemplo 3-1]

25 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/70 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

35 [Ejemplo 3-2]

40 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 110 nm y un diámetro de grano D90 de 175 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,7 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 230 nm y un diámetro de grano D90 de 380 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 115 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/80 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

45 [Ejemplo 3-3]

50 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 95 nm y un diámetro de grano D90 de 135 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante

policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 180 nm y un diámetro de grano D90 de 260 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 125 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/90 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

5

[Ejemplo 3-4]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 55 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 105 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/60 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

10

15

[Ejemplo 3-5]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 3-4 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 560 nm y un diámetro de grano D90 de 830 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 120 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/50 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

20

25

[Ejemplo 3-6]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 3-5 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 1100 nm y un diámetro de grano D90 de 1600 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/50 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

30

35

40

[Ejemplo 3-7]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 3-6 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/40 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

45

50

[Ejemplo comparativo 3-1]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 1,1 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 400 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/4 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

55

60

[Ejemplo comparativo 3-2]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 20 nm y un diámetro de grano D90 de 37 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 45 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 95 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/3 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

[Ejemplo comparativo 3-3]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2700 nm y un diámetro de grano D90 de 3900 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 91 GPa. Una pérdida por abrasión de una aguja producida a partir de este diamante policristalino fue extremadamente pequeña y fue aproximadamente 1/2 de la de una aguja compuesta de diamante monocristalino.

La Tabla III muestra valores de los granos sinterizados de los diamantes policristalinos en los Ejemplos y los Ejemplos Comparativos anteriores en términos de diámetro de grano promedio, diámetro de grano D90, el coeficiente (K), dureza, y pérdida por abrasión. Téngase en cuenta que el coeficiente (K) está definido por la ecuación (1) anterior.

[Tabla III]

	Diámetro de grano promedio [nm]	D90 [nm]	Coeficiente (K)	Dureza [GPa]	Pérdida por abrasión
					Relación respecto al monocristal (recíproca)
Ejemplo 3-1	200	370	0,85	110	68,0
Ejemplo 3-2	230	380	0,65	115	79,3
Ejemplo 3-3	180	260	0,44	125	90,7
Ejemplo 3-4	55	80	0,45	105	56,7
Ejemplo 3-5	560	830	0,48	120	51,0
Ejemplo 3-6	1100	1600	0,45	112	48,2
Ejemplo 3-7	2400	3500	0,46	102	42,5
Ejemplo comparativo 3-1	200	400	1,00	112	3,6
Ejemplo comparativo 3-2	45	80	0,78	95	3,4
Ejemplo comparativo 3-3	2700	3900	0,44	91	2,8

[EJEMPLO 4] Herramienta de corte de diamante

A continuación, se describen ejemplos de herramientas de corte de diamante de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Se describirá un procedimiento de evaluación para herramientas de corte de diamante en términos de resistencia al desgaste.

<Resistencia al desgaste (vida útil de la herramienta)>

Se produjeron unas herramientas de corte que tenían un incluido ángulo del borde de 90° y un borde R de 100 nm a partir de diamantes policristalinos obtenidos en los Ejemplos y Ejemplos Comparativos y estas herramientas de corte se utilizaron para formar ranuras que presentaban una profundidad de 5 μm y una inclinación de 5 μm en una placa de metal que era una placa de cobre sobre la cual se revistió níquel. La resistencia al desgaste de las herramientas de corte se evaluó en función del tiempo (vida útil de la herramienta) en el que los bordes de las herramientas de corte se desgastaron hasta aproximadamente 1 μm.

[Ejemplo 4-1]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante

policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 15 horas.

5 [Ejemplo 4-2]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 110 nm y un diámetro de grano D90 de 175 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,7 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 230 nm y un diámetro de grano D90 de 380 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 115 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 18 horas.

15 [Ejemplo 4-3]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 95 nm y un diámetro de grano D90 de 135 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 180 nm y un diámetro de grano D90 de 260 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 125 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 20 horas.

25 [Ejemplo 4-4]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 55 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 105 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 13 horas.

35 [Ejemplo 4-5]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 4-4 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 560 nm y un diámetro de grano D90 de 830 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 120 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 11 horas.

45 [Ejemplo 4-6]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 4-5 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 1100 nm y un diámetro de grano D90 de 1600 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 10 horas.

[Ejemplo 4-7]

60 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 4-6 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano

promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil extremadamente larga de 9 horas.

5 [Ejemplo comparativo 4-1]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 1,1 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 4-6 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 400 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil de 6 horas.

15 [Ejemplo comparativo 4-2]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 20 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 45 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 95 GPa y era ligeramente blando. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil de 5 horas.

25 [Ejemplo comparativo 4-3]

Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2700 nm y un diámetro de grano D90 de 3900 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 91 GPa y era ligeramente blando. Una herramienta de corte producida a partir de este diamante policristalino presentó una vida útil de 4 horas.

35 [Ejemplo comparativo 4-4]

Se probó la resistencia al desgaste de una herramienta producida a partir de diamante monocristalino que sirve de material de la misma manera que en el Ejemplo 1 y esta herramienta presentó una vida útil de 3 horas.

40 La tabla IV muestra valores de los granos sinterizados de los diamantes policristalinos en Ejemplos y Ejemplos Comparativos anteriores en términos de diámetro de grano promedio, diámetro de grano D90, el coeficiente (K), dureza, y vida útil de la herramienta. Téngase en cuenta que el coeficiente (K) está definido por la ecuación (1) anterior.

45 [Tabla IV]

	Diámetro de grano promedio [nm]	Diámetro de grano D90 [nm]	Coficiente (K)	Dureza [GPa]	Vida de la herramienta [Hr]
Ejemplo 4-1	200	370	0,85	110	15
Ejemplo 4-2	230	380	0,65	115	18
Ejemplo 4-3	180	260	0,44	125	20
Ejemplo 4-4	55	80	0,45	105	13
Ejemplo 4-5	560	830	0,48	120	11
Ejemplo 4-6	1100	1600	0,45	112	10
Ejemplo 4-7	2400	3500	0,46	102	9
Ejemplo comparativo 4-1	200	400	1,00	112	6
Ejemplo comparativo 4-2	45	80	0,78	95	5
Ejemplo comparativo 4-3	2700	3900	0,44	91	4
Ejemplo comparativo 4-4	-	-	-	-	3

50 [EJEMPLO 5] Rueda de grabado

A continuación, se describen unos ejemplos de ruedas de grabado de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Se describirá un procedimiento de evaluación para ruedas de grabado en términos de la propiedad de grabado.

5 <Evaluación de la propiedad de grabado>

Se produjeron unas ruedas de grabado que tenían un diámetro de 3 mm, un grosor de 0,8 mm y un ángulo incluido del borde de 120° a partir de diamantes policristalinos obtenidos en Ejemplos y Ejemplos comparativos. Estas ruedas de grabado se utilizaron para grabar sustratos de vidrio y la propiedad de grabado de las ruedas de grabado se evaluó determinando distancias de grabado.

[Ejemplo 5-1]

15 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 370 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 110 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 300 km con este diamante policristalino.

[Ejemplo 5-2]

25 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 110 nm y un diámetro de grano D90 de 175 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,7 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 230 nm y un diámetro de grano D90 de 380 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 115 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 350 km con este diamante policristalino.

[Ejemplo 5-3]

35 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 95 nm y un diámetro de grano D90 de 135 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 180 nm y un diámetro de grano D90 de 260 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 125 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 400 km con este diamante policristalino.

45 [Ejemplo 5-4]

50 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 55 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 125 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 250 km con este diamante policristalino.

[Ejemplo 5-5]

60 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 5-4 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 560 nm y un diámetro de grano D90 de 830 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una

dureza extremadamente elevada de 120 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 230 km con este diamante policristalino.

5 [Ejemplo 5-6]

10 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 5-5 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 1100 nm y un diámetro de grano D90 de 1600 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 210 km con este diamante policristalino.

15 [Ejemplo 5-7]

20 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 30 nm y un diámetro de grano D90 de 40 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,5 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante durante un período de tiempo mayor que en el ejemplo 5-6 bajo un estado de presión bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2400 nm y un diámetro de grano D90 de 3500 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 102 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, se logró grabar una larga distancia de aproximadamente 190 km con este diamante policristalino.

30 [Ejemplo comparativo 5-1]

35 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 210 nm, que es (diámetro de grano promedio + 1,1 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 200 nm y un diámetro de grano D90 de 400 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 112 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, apenas se logró grabar una corta distancia de aproximadamente 120 km con este diamante policristalino.

40 [Ejemplo comparativo 5-2]

45 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 20 nm y un diámetro de grano D90 de 37 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 45 nm y un diámetro de grano D90 de 80 nm. El diamante policristalino así obtenido tenía una dureza extremadamente elevada de 95 GPa. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, apenas se logró grabar una corta distancia de aproximadamente 110 km con este diamante policristalino.

50 [Ejemplo comparativo 5-3]

55 Se preparó grafito que tenía un diámetro de grano promedio de 100 nm y un diámetro de grano D90 de 180 nm, que es (diámetro de grano promedio + 0,9 × diámetro de grano promedio) o menos, como carbono no diamantado que sirve de material partida para el diamante. Este material se convirtió y se sinterizó directamente en diamante bajo la cual el diamante es termodinámicamente estable. Como resultado, se obtuvo un diamante policristalino que tenía un diámetro de grano promedio de 2700 nm y un diámetro de grano D90 de 3900 nm. Se evaluó la capacidad de grabado del diamante policristalino resultante. Como resultado, apenas se logró grabar una corta distancia de aproximadamente 90 km con este diamante policristalino.

60 [Ejemplo comparativo 5-4]

Se produjo una rueda de grabado a partir de diamante monocristalino y se evaluó en términos de grabado. Como resultado, apenas se logró grabar una corta distancia de aproximadamente 100 km con este diamante monocristalino.

5 [Ejemplo comparativo 5-5]

Se produjo una rueda de grabado a partir de un compacto de diamante sinterizado ligado con metal y evaluado en términos de grabado. Como resultado, apenas se grabó una corta distancia de 6 km con este compacto de diamante sinterizado.

10 La Tabla V muestra valores de los granos sinterizados de los diamantes policristalinos en Ejemplos y Ejemplos Comparativos anteriores en términos de diámetro de grano promedio, diámetro de grano D90, el coeficiente, dureza, y vida útil de la herramienta. Téngase en cuenta que el coeficiente (K) está definido por la ecuación (1) anterior.

15 [Tabla V]

	Diámetro de grano promedio [nm]	D90 [nm]	Coficiente (K)	Dureza [GPa]	Distancia grabada [km]
Ejemplo 5-1	200	370	0,85	110	300
Ejemplo 5-2	230	380	0,65	115	350
Ejemplo 5-3	180	260	0,44	125	400
Ejemplo 5-4	55	80	0,45	105	250
Ejemplo 5-5	560	830	0,48	120	230
Ejemplo 5-6	1100	1600	0,45	112	210
Ejemplo 5-7	2400	3500	0,46	102	190
Ejemplo comparativo 5-1	200	400	1,00	112	120
Ejemplo comparativo 5-2	45	80	0,78	95	110
Ejemplo comparativo 5-3	2700	3900	0,44	91	90
Ejemplo comparativo 5-4	-	-	-	-	100
Ejemplo comparativo 5-5	-	-	-	-	6

Aplicabilidad industrial

20 El diamante policristalino utilizado en la presente invención es menos propenso a desgastarse de manera desigual y permite un trabajo estable durante un largo período de tiempo en comparación con diamantes monocristalinos convencionales y compactos de diamante sinterizado que contienen aglutinantes metálicos. Por lo tanto, dicho diamante policristalino puede aplicarse adecuadamente a orificios de chorro de agua, punzones para impresión por rotograbado, agujas, herramientas de corte, y ruedas de grabado.

25 Un orificio de chorro de agua de acuerdo con la presente invención puede proporcionar una anchura de corte con estabilidad durante un largo período de tiempo en comparación con orificios convencionales y, por lo tanto, puede utilizarse adecuadamente como orificio para un chorro de agua configurado para expulsar fluido que contiene partículas rígidas (alúmina o similar) a alta presión para cortar o trabajar piezas de trabajo.

30

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Diamante policristalino obtenido por conversión y sinterizado de carbono no diamantado bajo una presión de entre 12 y 25 GPa y a una temperatura de entre 1800°C y 2600°C sin adición de ayuda de sinterizado o un catalizador, en el que los granos de diamante sinterizado que constituyen el diamante policristalino tienen un diámetro de grano promedio de más de 50 nm y menos de 2500 nm y una pureza de un 99% o más, y en el que el carbono no diamantado y el diamante tienen, cada uno, un diámetro de grano D90 que cumple la siguiente ecuación:
- 10 
$$\text{Diámetro de grano D90} \leq \text{diámetro de grano promedio} + \text{diámetro de grano promedio} \times 0,9.$$
2. Diamante policristalino de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los granos de diamante sinterizado tienen un diámetro de grano D90 que cumple la siguiente ecuación:
- $$\text{Diámetro de grano D90} \leq \text{diámetro de grano promedio} + \text{diámetro de grano promedio} \times 0,7.$$
- 15 3. Diamante policristalino de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los granos de diamante sinterizado tienen un diámetro de grano D90 que cumple la siguiente ecuación:
- $$\text{Diámetro de grano D90} \leq \text{diámetro de grano promedio} + \text{diámetro de grano promedio} \times 0,5.$$
- 20 4. Diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el diamante policristalino tiene una dureza de 100 GPa o más.
5. Diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el carbono no diamantado es un material de carbono que tiene una estructura de capa de tipo grafito.
- 25 6. Orificio de chorro de agua que comprende el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
7. Orificio de chorro de agua de acuerdo con la reivindicación 6, en el que una superficie interior de un orificio a través del cual pasa un fluido de chorro de agua, estando formado el orificio en el diamante policristalino, tiene una rugosidad superficial Ra de 300 nm o menos.
- 30 8. Orificio de chorro de agua de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el orificio formado en el diamante policristalino tiene un diámetro de 10 μm o más y 500 μm o menos.
- 35 9. Orificio de chorro de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que una relación (L/D) entre una altura del orificio (L) y un diámetro del orificio (D) es de entre 10 y 500, estando formado el orificio en el diamante policristalino.
- 40 10. Orificio de chorro de agua de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el orificio formado en el diamante policristalino tiene un diámetro de más de 500 μm y 5000 μm o menos.
- 45 11. Orificio de chorro de agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6, 7 y 10, en el que una relación (L/D) entre una altura del orificio (L) y un diámetro del orificio (D) es de entre 0,2 y 10, estando formado el orificio en el diamante policristalino.
- 50 12. Punzón para impresión por rotograbado, que comprende el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
13. Aguja, que comprende el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 55 14. Aguja de acuerdo con la reivindicación 13, en la que una cara de corte en una punta de la aguja tiene forma de polígono que incluye tres o más bordes y los bordes del polígono, en parte o en su totalidad, se utilizan como cuchilla.
15. Herramienta de corte de diamante que comprende el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
16. Rueda de grabado, que comprende el diamante policristalino de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.