

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 051**

51 Int. Cl.:

**B23B 51/00** (2006.01)

**B23C 5/10** (2006.01)

**B23C 5/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2015 PCT/JP2015/059633**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15147264**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2015 E 15770075 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3124151**

54 Título: **Herramienta de corte giratoria que tiene cuerpo sintetizado de diamante policristalino**

30 Prioridad:

**28.03.2014 JP 2014070336**

**20.03.2015 JP 2015058616**

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

**25.11.2020**

73 Titular/es:

**mitsubishi materials corporation  
(100.0%)**

**2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku  
Tokyo 100-8117, JP**

72 Inventor/es:

**MATSUO, TOSHIHIKO;  
AKHMADI EKO, WARDOYO;  
SAKURAZAWA, CHIHIRO y  
OHASHI, TADAKAZU**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 796 051 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Herramienta de corte giratoria que tiene cuerpo sintetizado de diamante policristalino

### 5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una herramienta de corte giratoria de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 que incluye un material de PCD, como un taladro o una fresa de corte, a partir del que se forma un filo cortante en una capa de PCD fabricada de un material de diamante policristalino (en adelante, denominado PCD). Dicha herramienta de corte giratoria se conoce a partir del documento US 5.273.379 A.

### Antecedentes de la técnica

Por ejemplo, incluso si se utiliza un taladro de carburo cementado duro en un caso en el que se realiza la perforación en un material de trabajo fabricado de CFRP (plástico reforzado con fibra de carbono) o un material de trabajo que se fabrica de un material compuesto en el que una placa se fabrica de titanio, aluminio, o una aleación de titanio y aluminio laminado en CFRP, se genera el desgaste del taladro y el taladro alcanza el final de su vida útil de herramienta temprano. Por consiguiente, por ejemplo, el documento US 2011/0176879 A propone que el cuerpo precompactado de PCD se sostenga en un cuerpo portador formado de carburo cementado y se sinterice a presión ultra alta y temperatura ultra alta para formar un cuerpo superduro que incluye una capa de PCD, y el cuerpo superduro se monte en la punta de un cuerpo de la herramienta y se formen estrías para fabricar una máquina herramienta giratoria, como un taladro o una fresa de corte, incluyendo filos cortantes en la capa de PCD.

### Sumario de la invención

#### 25 Problema técnico

A propósito, en la herramienta de corte giratoria a partir de la que se forman los filos cortantes en la capa de PCD, el material de PCD tiene alta resistencia al desgaste pero baja resistencia a la fractura debido a la baja tenacidad. Por consiguiente, si la capa de PCD de la punta del filo es demasiado gruesa, la fractura ocurre fácilmente. Por esta razón, la vida útil de herramienta se acorta negativamente. Por otra parte, Si la capa de PCD de la punta del borde es demasiado fina, el desgaste alcanza un sustrato de carburo (el cuerpo portador) fabricado de carburo cementado temprano durante el corte. Por consiguiente, la vida útil de herramienta se acorta también.

Además, en un caso en el que el espesor de la capa de PCD no es uniforme, la concentración de tensión ocurre en un límite entre el sustrato de carburo fabricado de carburo cementado y la capa de PCD en una porción en la que la capa de PCD es fina. Cuando una fuerza de corte generada durante el corte se aplica al punto límite en el que se concentra la tensión de esta manera, las grietas se generan desde la porción en la que la capa de PCD es fina. Por tanto, también existe la preocupación de que se pueda causar fractura de la capa de PCD.

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias mencionadas anteriormente, y un objetivo de la presente invención es proporcionar una herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD, como un taladro o una fresa de corte, a partir del que se forma un filo cortante en una capa de PCD y en la que se puede controlar el progreso del desgaste, en la que la resistencia a la fractura de una capa de PCD puede garantizarse suficientemente, y que puede realizar un corte estable en un material de trabajo fabricado de CFRP o un material compuesto del mismo durante mucho tiempo.

### Solución al problema

En este caso, los inventores de la presente invención han realizado pruebas de corte en un material de trabajo, que estaba fabricado de CFRP o un material compuesto del mismo, bajo diversas condiciones mediante un taladro o una fresa de corte a partir del que se formaron filos cortantes en la capa de PCD. Como resultado, los inventores han obtenido conocimiento de que la resistencia a la fractura de la capa de PCD se ve afectada por una relación del espesor de la capa de PCD con respecto a la anchura de una porción de margen formada en la periferia externa de una porción de punta de un cuerpo de la herramienta para que sea continua con el lado posterior de las estrías en la dirección de giro. Se considera que la razón de esto es que una fuerza de corte aplicada a la capa de PCD se puede relajar puesto que la energía de impacto aplicada cuando los filos cortantes formados en la capa de PCD entran en contacto con el material de trabajo durante el corte, es recibida por el sustrato de carburo fabricado de carburo cementado y tiene una tenacidad superior a la del material de PCD.

Por consiguiente, la presente invención se ha realizado basándose en el conocimiento mencionado anteriormente. De acuerdo con la invención, se proporciona una herramienta de corte giratoria que incluye las características de la reivindicación 1. La herramienta de corte giratoria incluye: un cuerpo de la herramienta configurado para girar alrededor de un eje con un sustrato de carburo fabricado de carburo cementado y una estría provista en una porción de punta del cuerpo de la herramienta; una capa de PCD fabricada de un material de PCD sinterizado integralmente con el sustrato de carburo y provisto en una cara interior de la estría orientada en una dirección de giro del cuerpo de

la herramienta; y un filo cortante provisto en la capa de PCD para tener una cara de ángulo de ataque como la cara interior. Una porción de margen continua con un lado posterior de la estría en la dirección de giro se forma en una periferia exterior de la porción de punta del cuerpo de la herramienta, el filo cortante se forma en una porción de cresta de la cara de ángulo de ataque en el lado de la punta del cuerpo de la herramienta, y un espesor de la capa de PCD se establece en un intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura de la porción del margen cuando se ve desde el lado de la punta del cuerpo de la herramienta en una dirección del eje.

La invención se refiere a un taladro que tiene un filo cortante formado en una porción de cresta de una cara de ángulo de ataque como la cara interior de una estría orientada una dirección de giro en el lado de la punta del cuerpo de la herramienta, o un filo cortante final de una fresa de corte. De acuerdo con la presente invención, el espesor de la capa de PCD se establece en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura de la porción de margen y, por lo tanto, el espesor sustancialmente constante, necesario y suficiente de la capa de PCD se puede asegurar. Por consiguiente, es posible suprimir la fractura de la capa de PCD al tiempo que se evita que el desgaste llegue temprano al sustrato de carburo.

Es decir, en la invención, cuando el espesor de la capa de PCD es inferior a 1/3 veces la anchura de la porción de margen, la capa de PCD es demasiado fina y, por lo tanto, el desgaste llega temprano al sustrato de carburo fabricado de carburo cementado y el desgaste del cuerpo de la herramienta se acelera de inmediato. Como resultado, la vida útil de herramienta se acorta. Por otra parte, cuando el espesor de la capa de PCD es superior a 1 vez la anchura de la porción de margen, es decir, excede la anchura de la porción de margen, no es posible relajar una fuerza de corte causada por la energía de impacto generada cuando la herramienta de corte giratoria entra en contacto con el material de trabajo durante el corte. Como resultado, la fractura ocurre en la capa de PCD.

Siempre que el espesor de la capa de PCD esté en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura de la porción de margen como se ha descrito anteriormente, el espesor de la capa de PCD puede aumentarse o reducirse a lo largo del filo cortante. Sin embargo, para evitar de forma confiable la fractura causada por la concentración de tensión mencionada anteriormente, es deseable que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor de la capa de diamante policristalino se establezca en un intervalo igual o inferior a 2/5 veces la anchura de la porción de margen.

Además, la capa de PCD puede contener del 75 a 95 % en volumen de diamante, y es preferible que el tamaño de grano de diamante de la capa de PCD esté en un intervalo de 0,5 a 60  $\mu\text{m}$ . Asimismo, una dureza Knoop de la capa de diamante policristalino puede estar en un intervalo de 35 a 44 GPa.

### **Efectos ventajosos de la invención**

De acuerdo con la presente invención, tal y como se ha descrito anteriormente, es posible garantizar una resistencia a la fractura suficiente de la capa de PCD en la que se forma el filo cortante mientras se suprime el desgaste que alcanza el sustrato de carburo fabricado de carburo cementado temprano, y realizar un corte estable en un material de trabajo fabricado, particularmente, de CFRP o un material compuesto del mismo, durante un largo período.

### **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una vista frontal de un taladro como una primera realización que no está de acuerdo con la presente invención que se ve desde un lado de la punta en la dirección de un eje.

La Figura 2 es una vista lateral que se ve en la dirección de una flecha X de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista frontal de un taladro como una segunda realización que está de acuerdo con la presente invención que se ve desde un lado de la punta en una dirección de un eje.

La Figura 4 es una vista lateral que se ve en la dirección de una flecha Y de la Figura 3.

La figura 5 es una vista frontal de un ejemplo de una fresa de corte no de acuerdo con la presente invención que se ve desde un lado de la punta en la dirección de un eje.

La Figura 6 es una vista lateral que se ve en la dirección de una flecha Z de la Figura 5.

### **Descripción de las realizaciones**

Las Figuras 1 y 2 muestran un taladro como una primera realización de una herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD que no está de acuerdo con la presente invención. En la presente realización, un cuerpo de la herramienta (cuerpo principal del taladro) 1 tiene una forma exterior sustancialmente columnar alrededor de un eje O. Una porción de extremo posterior (una porción superior en la Figura 2) (no mostrada) del cuerpo de la herramienta forma una porción de vástago columnar y una porción de punta (una porción inferior en la Figura 2) del cuerpo de la herramienta forma una porción de filo cortante. Un taladro como herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD de la presente realización se alimenta hacia el lado de la punta en la dirección del eje O mientras se gira alrededor del eje O en una dirección de giro T del taladro en un estado donde se sostiene la porción vástago por un husillo de una máquina herramienta. Por consiguiente, la herramienta de corte giratorio que incluye un material de PCD realiza la perforación en un material de trabajo, que se fabrica, por ejemplo, de CFRP o un material compuesto del mismo, por la porción de filo cortante.

Las estrías 2, que se extienden hacia el extremo posterior desde la punta del cuerpo de herramienta 1, se forman en la periferia exterior de la porción de filo cortante. En la presente realización, dos estrías 2 se forman para ser simétricas con respecto al eje O y para girar alrededor del eje O hacia atrás en la dirección de giro T del taladro hacia el extremo posterior del cuerpo de herramienta 1. Además, las capas de PCD 3 fabricadas de un material de PCD se proporcionan en las porciones de punta de las caras interiores, orientadas en la dirección de giro T, de estas estrías 2. Por otra parte, una porción del cuerpo de herramienta 1 distinta de las capas de PCD 3 se forma por un sustrato de carburo fabricado de carburo cementado, y las capas de PCD 3 están sinterizadas integralmente con el sustrato de carburo.

Los filos cortantes 5 que tienen caras de ángulo de ataque 4 constituidas por las caras interiores de las dos estrías 2 orientadas en la dirección de giro T se forman en las capas de PCD 3 en las partes de cresta de las caras de ángulo de ataque 4 en el lado de la punta del cuerpo de herramienta 1. Es decir, la herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD de la presente realización es un taladro helicoidal de doble filo. Además, las porciones de la superficie de punta del cuerpo de herramienta 1, cuyas porciones son continuas con el lado posterior de los filos cortantes 5 en la dirección de giro T, forman flancos 6.

Además, las porciones de margen 7, que se retuercen de la misma manera que las estrías 2 para que sean continuas con el lado posterior de las estrías 2 en la dirección de giro T, se forman en la periferia exterior de la porción de filo cortante para tener una anchura pequeña W7 que es constante en una dirección circunferencial. Las porciones de margen 7 están formadas de modo que las superficies periféricas exteriores de las porciones de margen 7 se sitúan en una superficie cilíndrica alrededor del eje O. Además, la superficie periférica exterior de la porción de filo cortante que es continua con el lado posterior de las porciones de margen 7 en la dirección de giro T forma caras de flanco periféricas exteriores (segundas caras de alivio) 8 que se colocan en una superficie cilíndrica que tiene un diámetro exterior ligeramente más pequeño que el de la superficie cilíndrica en la que se sitúan las porciones de margen 7. Dicho de otro modo, la porción de margen 7 es una región que no tiene un ángulo libre en una cara de flanco (una cara que incluye la cara de flanco periférica exterior 8) formada para ser continua con el lado posterior del filo cortante 5 en la dirección de giro T.

En el flanco 6, una porción que es continua con el lado posterior de cada filo cortante 5 en la dirección de giro T forma un primer flanco 6A, y una porción que es más continua con el lado posterior del primer flanco 6A en la dirección de giro T forma un segundo flanco 6B, cuyo ángulo libre es superior al del primer flanco 6A. Los orificios de refrigerante 9 formados en el cuerpo de herramienta 1 se abren a los segundos flancos 6B.

En la presente realización, cuando se ve desde el lado de la punta en la dirección del eje O como se muestra en la Figura 1, cada filo cortante 5 se extiende linealmente hacia el lado periférico interno del cuerpo de herramienta 1 desde el extremo periférico exterior del filo cortante 5. Además, se forma una cara de adelgazamiento 10 en la proximidad del eje O en el lado periférico interno de cada filo cortante 5 en el lado posterior del segundo flanco 6B en la dirección de giro T en la superficie de la punta del cuerpo de herramienta 1, de modo que se forma un borde de adelgazamiento 5A en forma de curva convexa para que se conecte a la porción que se extiende linealmente del filo cortante 5 y se extienda hacia el eje O.

El primer flanco 6A está formado de modo que la anchura del primer flanco 6A, que se ve desde el lado de la punta en la dirección del eje O, sea sustancialmente igual a la anchura W7 de la porción de margen 7 en la porción que se extiende linealmente del filo cortante 5. Además, cada filo cortante 5 tiene un ángulo de punta para extenderse al extremo periférico exterior del filo cortante 5 desde la proximidad del eje O y hacia el lado posterior (lado de la porción del extremo posterior) del cuerpo de herramienta 1.

En la presente realización, cuando se ve desde el lado de la punta del cuerpo de herramienta 1 en la dirección del eje O, el espesor (anchura) W3 de cada una de las capas de PCD 3 se establece en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7. Además, en la presente realización, como se muestra en la Figura 1, el espesor W3 de la capa de PCD 3 expuesta al flanco 6 (el primer flanco 6A) se ajusta a aproximadamente 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y la capa de PCD 3 se extiende a lo largo del filo cortante 5 con el espesor constante W3. En este caso, el espesor (anchura) W3 de la capa de PCD 3 es un espesor a lo largo de la cresta del filo cortante 5. Además, la anchura W7 de la porción de margen 7 es la anchura de la porción periférica más externa de la porción de margen 7.

Asimismo, como la capa de PCD 3 se proporciona en el lado de la punta de la cara de ángulo de ataque 4, la capa de PCD 3 está también expuesta al lado frontal en la dirección de giro T en la superficie periférica exterior de la porción de margen 7 en el lado de la punta de la misma. El espesor de la capa de PCD 3 expuesta a la porción de margen 7 se establece también en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 como en el caso del espesor W3, y en la presente realización, se establece en aproximadamente 1/2 veces la anchura W7. Las superficies de la capa de PCD 3 expuestas de esta manera se forman para ser suavemente continuas con la superficie periférica exterior de la porción de margen 7, el primer flanco 6A, y la cara interior en la punta de la estría 2, que es la cara de ángulo de ataque 4 y las caras en la dirección de giro T, respectivamente.

La herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD (taladro) se puede producir en un método similar a la herramienta descrita, por ejemplo, en el documento US 2011/0176879 A. Es decir, las hendiduras se forman en porciones en las que las capas de PCD 3 se deben disponer en un metal base formado por un sustrato de carburo cementado preliminarmente sinterizado, y se rellenan con polvo de diamante o polvo mixto de diamante, cobalto como aglutinante y similares; el metal base se sinteriza a presión ultra alta y temperatura ultra alta para producir un material sinterizado compuesto en forma de disco (blanco) con un material de PCD; el material sinterizado compuesto se suelda coaxialmente a la punta de un metal base columnar formado de carburo cementado; y los filos cortantes 5 se afilan; y después los flancos 6, las porciones de margen 7, las caras de flanco periféricas exteriores 8, y las estrías 2 que incluyen las caras de ángulo de ataque 4 se forman por rectificado de modo que la capa de PCD 3 queda expuesta por el espesor predeterminado W3. Como resultado, se puede producir la herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD (taladro).

En la herramienta de corte giratorio que incluye un material de PCD que se produce de esta manera y tiene la estructura mencionada anteriormente, el espesor W3 de la capa de PCD 3 se establece en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y es sustancialmente constante y se puede asegurar el espesor necesario y suficiente W3 de la capa de PCD 3. Por esta razón, a pesar de que la perforación se realiza en un material de trabajo fabricado de CFRP o un material de trabajo fabricado de un material compuesto en el que una placa de titanio, aluminio, o una aleación de titanio y aluminio laminado en CFRP, es posible evitar que el desgaste causado por el corte del material de trabajo alcance el carburo cementado que es el sustrato de carburo temprano y suprimir la fractura de la capa de PCD 3 causada por la energía de impacto generada debido al contacto entre el material de trabajo y la herramienta de corte giratorio.

En este caso, cuando el espesor W3 de la capa de PCD 3 es inferior a 1/3 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el desgaste alcanza el sustrato de carburo del cuerpo de herramienta 1 fabricado de carburo cementado temprano como se muestra en los ejemplos descritos a continuación, para que el desgaste del sustrato de carburo se acelere inmediatamente. Como resultado, se produce un acortamiento de la vida útil de herramienta. Por otra parte, cuando el espesor W3 de la capa de PCD 3 es superior a la anchura W7 de la porción de margen 7, una fuerza de corte causada por la energía de impacto generada por el contacto de la herramienta de corte giratoria con el material de trabajo durante el corte, no puede ser absorbida ni relajada por el sustrato de carburo cementado con alta tenacidad. Por esta razón, puesto que la fuerza de corte se aplica directamente a la capa de PCD 3, se produce la fractura.

En particular, en la presente realización, el espesor W3 de la capa de PCD 3 se establece en el espesor constante W3 en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, es decir, la capa de PCD 3 no incluye una porción en la que el espesor W3 se cambia a un espesor pequeño de un espesor grande. Por consiguiente, puesto que la tensión causada por la fuerza de corte no se concentra en tal porción, es posible evitar que se generen grietas en la capa de PCD 3 debido a la concentración de tensión y, por lo tanto, evitar fracturas.

Además, en la presente realización, el espesor constante W3 de la capa de PCD 3 se establece en 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7. Por consiguiente, una porción con un espesor de 1/2 veces la anchura W7 en el sustrato de carburo fabricado de carburo cementado, permanece en la porción de margen 7 en el lado posterior de la capa de PCD 3 en la dirección de giro T. Por esta razón, una fuerza de corte aplicada a la capa de PCD 3, particularmente, la periferia del extremo periférico exterior del filo cortante 5, puede también relajarse confiablemente por esta porción del sustrato de carburo. Por consiguiente, La fractura de la capa de PCD 3 puede suprimirse en toda la longitud del filo cortante 5. El espesor W3 de la capa de PCD 3 puede no ser exactamente constante. Sin embargo, para obtener de forma confiable este efecto, es deseable que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 se establezca en el intervalo igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 de la porción de margen 7.

A continuación, las Figuras 3 y 4 muestran una segunda realización de la herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD que está de acuerdo con la presente invención, y la segunda realización es también un taladro helicoidal de doble filo como en el caso de la primera realización. Las porciones comunes a la primera realización mostrada en las Figuras 1 y 2 se denotan con los mismos números de referencia y la descripción de los mismos se simplificará. Es decir, en la primera realización, cuando se ve desde el lado de la punta en la dirección del eje O, cada filo cortante 5 se dirige hacia el eje O para que sea continuo con el filo convexo de adelgazamiento en forma de curva 5A después de extenderse linealmente hacia el lado periférico interno desde el extremo periférico exterior del cuerpo de herramienta 1. En la segunda realización, cada filo cortante 5 está formado en forma de curva cóncava y convexa entre el extremo periférico exterior del mismo y el filo 5A.

En más detalle, en una vista frontal vista desde el lado de la punta en la dirección del eje O, como se muestra en la Figura 3, cada filo cortante 5 de la segunda realización está formado en forma de curva cóncava y convexa. Es decir, en orden desde la proximidad del eje O en el lado periférico interno del cuerpo de herramienta 1 hacia el lado periférico exterior del mismo, un borde de adelgazamiento 5A se extiende de forma sustancialmente lineal, y el filo cortante 5 está formado en una forma convexa que es convexa en la dirección de giro T del taladro, se forma en forma de una curva cóncava que es ligeramente cóncava hacia el lado posterior en la dirección de giro T del taladro desde la porción formada en la forma convexa, y alcanza el extremo periférico exterior del filo cortante 5 para dibujar

una curva convexa que se vuelve convexa en la dirección de giro T del taladro nuevamente. Por consiguiente, la cara de ángulo de ataque 4 en la que el filo cortante 5 se forma en una porción de cresta que cruza el flanco 6 tiene también la forma de una superficie curva cóncava y convexa que es igualmente cóncava y convexa en la dirección de giro T del taladro, al menos en las proximidades del filo cortante 5.

5 Incluso en la segunda realización, el espesor W3 de la capa de PCD 3 dispuesto en la cara de ángulo de ataque 4 que tiene la forma de una superficie curva cóncava y convexa, se establece en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, cuando se ve desde el lado de la punta del cuerpo de herramienta 1 en la dirección del eje O. Además, la capa de PCD 3 se extiende a lo largo del filo cortante 5 con el espesor constante W3 como se muestra en la Figura 3. Asimismo, cuando se ve desde el lado de la punta en la dirección del eje O, el espesor W3 de la capa de PCD 3 se establece también en aproximadamente 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7.

15 En la segunda realización, el espesor W3 de la capa de PCD 3 se establece en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 como en la primera realización. Por consiguiente, es posible garantizar una resistencia a la fractura suficiente de la capa de PCD 3 en la que se forma el filo cortante 5 mientras se suprime el desgaste que alcanza el sustrato de carburo fabricado de carburo cementado temprano, y realizar una perforación estable durante un largo período. Además, particularmente, puesto que el espesor W3 de la capa de PCD 3 es constante, se puede evitar la concentración de tensiones a pesar de que el filo cortante 5 y la cara de ataque 4 se forman en forma de curva cóncava y convexa como se ha descrito anteriormente.

25 La segunda realización en la que la presente invención se aplica al taladro cuyos los filos cortantes 5 se forman solo en las porciones de cresta de las caras de ángulo de ataque 4 en el lado de la punta del cuerpo de herramienta 1 se describe. Sin embargo, la herramienta de corte giratoria que incluye un material de PCD de la presente invención puede aplicarse a una herramienta de corte giratoria (herramienta de fresado) tal como una fresa de corte en la que se forman filos cortantes 15 como los filos cortantes finales 15A en las porciones de cresta de las caras de ángulo de ataque 14 como las caras interiores de las estrías 12 orientadas en una dirección de giro T en el lado de la punta de un cuerpo 1 de herramienta 1 y los filos cortantes periféricos 15B se forman también en las porciones de cresta en la periferia exterior del cuerpo de la herramienta para que sean continuas con los filos cortantes finales. En este caso, las Figuras 5 y 6 son vistas que muestran un ejemplo de una fresa de corte que no está de acuerdo con la presente invención; La Figura 5 es una vista frontal que se ve desde un lado de la punta en una dirección del eje, y la Figura 6 es una vista lateral que se ve en la dirección de una flecha Z de la Figura 5. Además, la fresa de corte de cada una de las Figuras 5 y 6 es una fresa de corte de seis bordes que tiene un ángulo de hélice de 10° y se utiliza para la perforación helicoidal de CFRP o similar.

35 Por lo general, esta fresa de corte realiza el mecanizado de rebordes o ranurado en un material de trabajo alimentando el cuerpo 1 de herramienta 1 en una dirección que cruza un eje O mientras gira el cuerpo 1 de herramienta 1 alrededor del eje O. En consecuencia, en este caso, cuando se ve desde el lado periférico exterior del cuerpo 1 de herramienta 1 en una dirección radial con respecto al eje O, el espesor W13 (que es un espesor a lo largo del borde del filo cortante 15 y es igual a un espesor en una dirección circunferencial, como se muestra en las Figuras 5 y 6) de una capa de PCD 13 expuesta a cada porción de margen 17 que continúa hacia el filo periférico 15B, se puede establecer en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W17 (la anchura de la porción periférica más externa) de la porción de margen 17. En este caso, una porción continua con el lado posterior de cada filo cortante 15 en la dirección de giro T forma una cara de flanco 16, y una región en la cara de flanco 16 que no tiene un ángulo libre es una porción de margen 17. Además, los filos cortantes no se pueden formar en las porciones de cresta de las caras de ángulo de ataque en el lado de la punta del cuerpo de la herramienta en una fresa de corte que realiza el recorte para cortar una parte no deseada de un borde de apertura de un material de trabajo en forma de marco de ventana fabricado de CFRP o similar.

40 En una fresa de corte de este tipo, a diferencia de la fresa de corte de la Figura 5 en la que la porción de margen 17 situada en la superficie cilíndrica alrededor del eje O como en la primera y segunda realizaciones se forma en el lado posterior de la estría 2 en la dirección de giro T para ser continua con el filo cortante periférico 15B, por ejemplo, una primera cara de flanco periférica exterior que tiene un ángulo libre de 3° o menos se puede formar con una anchura pequeña para que sea continua con el filo cortante periférico y una segunda cara de flanco periférica exterior cuyo ángulo de separación es superior al de la primera cara de flanco periférica exterior puede formarse en el lado posterior de la primera cara de flanco periférica exterior en la dirección de giro T. En tal caso, el espesor (la anchura en la dirección circunferencial) de la capa de PCD expuesta a la primera cara de flanco periférica exterior se puede establecer en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura de la primera cara de flanco periférica exterior en la dirección circunferencial, que se considera como la anchura de la porción de margen.

50 En este caso, Es preferible que la capa de PCD contenga del 75 a 95 % en volumen de diamante y la parte restante sea un aglutinante metálico (catalizador metálico). Cuando el contenido de diamantes es inferior al 75 % en volumen, Existe la preocupación de que la capa de PCD pueda tener una resistencia al desgaste insuficiente dependiendo de los materiales de trabajo. Cuando el contenido de diamantes supera el 95 % en volumen, Existe la preocupación de que la capa de PCD pueda tener una tenacidad insuficiente dependiendo de los materiales de trabajo. Es más preferible que el contenido de diamantes esté en el intervalo del 80 a 92 % en volumen, pero el contenido de

diamantes no está limitado a esto. Además, es preferible que cualquiera de Co, Ni, Fe, y una combinación de los mismos, puedan usarse como aglutinante metálico. Asimismo, para ajustar la dureza de la capa de PCD, cualquiera de carburo, nitruro, carbonitruro, y una combinación de los mismos se puede agregar al aglutinante metálico como aditivo.

5 Es preferible que la dureza de la capa de PCD esté en el intervalo de 35 GPa a 44 GPa en dureza Knoop (Hk, un caso en el que se usa una carga de 500 g como fuerza de prueba) definido por JIS Z 2251: 2009 (basado en ISO 4545-1: 2005 e ISO 4545-4: 2005). Cuando la dureza Knoop de la capa de PCD es inferior a 35 GPa, Existe la preocupación de que la capa de PCD puede tener una resistencia al desgaste insuficiente dependiendo de los  
10 materiales de trabajo y que la vida útil de herramienta se pueda acortar. Cuando la dureza Knoop de la capa de PCD supera los 44 GPa, existe la preocupación de que la capa de PCD pueda tener una resistencia insuficiente contra algunos materiales de trabajo y que pueda producirse astillado. Es más preferible que la dureza Knoop de la capa de PCD esté en el intervalo de 38 GPa a 42 GPa, pero la dureza Knoop de la capa de PCD no se limita a esto.

15 Es preferible que el tamaño de grano de diamante de la capa de PCD esté en el intervalo de 0,5  $\mu\text{m}$  a 60  $\mu\text{m}$ . Cuando el tamaño del grano del diamante es inferior a 0,5  $\mu\text{m}$ , es probable que los granos de diamante crezcan de manera anormal. Por otra parte, cuando el tamaño del grano del diamante supera los 60  $\mu\text{m}$ , se sabe que la resistencia a la fractura no mejora como se describe, por ejemplo, en Miess, D. y G. Rai. "Resistencia a la fractura y resistencia térmica de los compactos de diamantes policristalinos", Ciencia e Ingeniería de los Materiales: A 209.1  
20 (1996): 270-276. Además, cuando el tamaño del grano del diamante supera los 60  $\mu\text{m}$ , es difícil afilar la punta de borde del filo cortante. Es más preferible que el tamaño de grano de diamante esté en el intervalo de 2  $\mu\text{m}$  a 40  $\mu\text{m}$ , pero el tamaño de grano de diamante no se limita a esto.

25 Para que el tamaño de grano de diamante de la capa de PCD esté en el intervalo mencionado anteriormente, es preferible usar polvo crudo que tenga un tamaño de grano promedio en el intervalo de cualquiera de 0,5  $\mu\text{m}$  a 1,5  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  a 20  $\mu\text{m}$ , y 20  $\mu\text{m}$  a 40  $\mu\text{m}$  como polvo bruto de diamante cuando se forma la capa de PCD. Además, se pueden usar dos o más tipos de polvo crudo que tengan cualquiera de los tamaños de grano promedio mencionados como se describe en, por ejemplo, la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 5468268.  
30

La capa de PCD de acuerdo con la realización de la presente invención puede formarse mediante métodos generalmente conocidos descritos, por ejemplo, en la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 4762445, en la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 4713286, en la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 4627503, en la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 5611251, en  
35 la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 6132148, distinto del mismo método mencionado anteriormente en el documento US 2011/0176879 A.

### Ejemplos

40 A continuación, el efecto de la presente invención se describirá usando ejemplos.

[Ejemplo 1]

45 En el ejemplo 1, taladros helicoidales de doble filo, cada uno de los que incluye filos cortantes 5 que incluyen porciones periféricas exteriores lineales y formadas en porciones de cresta de las caras de ángulo de ataque 4 en un lado de punta del cuerpo de herramienta 1, se produjeron basándose en la primera realización mencionada anteriormente. Se produjeron una pluralidad de taladros helicoidales de doble filo para satisfacer condiciones en las que el espesor W3 (es decir, el espesor de la capa de PCD 3 expuesta al primer flanco 6A) era 1/3, 1/2 o 1 veces la anchura W7 (es decir, la anchura de la porción de margen 7, en este ejemplo, era de 0,5 mm). Entre estos taladros  
50 helicoidales de doble filo, por mediciones usando un microscopio, se seleccionaron tres taladros helicoidales de doble filo para cada condición en la que el espesor W3 de la capa de PCD 3 estaba en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 se estableció en el intervalo igual o menor a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,2 mm), en la que el espesor W3 era un espesor de la capa de PCD 3 desde el borde de la punta del borde del filo cortante 5 en una dirección perpendicular al filo cortante 5 que se veía desde el lado de la punta del cuerpo de herramienta 1 en la dirección del eje O. Estos taladros se denominaron Ejemplos 1-1 a 1-9. En cada uno de los taladros seleccionados como Ejemplos 1-1 a 1-3 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/3 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue de 0,17 mm y el valor máximo de la misma fue de 0,26 mm. De forma similar, en cada uno de los taladros seleccionados como Ejemplos 1-4 a 1-6 en los que el  
60 espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue de 0,22 mm y el valor máximo de la misma fue de 0,35 mm. En cada uno de los taladros seleccionados como Ejemplos 1-7 a 1-9 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual a la anchura W7 de la porción de margen 7, el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue de 0,36 mm y el valor máximo de la misma fue de 0,48 mm. Además, entre los taladros producidos para tener el espesor W3 de la capa de PCD 3 de 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, se seleccionaron tres taladros en los que el  
65 valor mínimo del espesor W3 fue de 0,23 mm, el valor máximo del espesor W3 fue de 0,5 mm, y la diferencia entre el

## ES 2 796 051 T3

valor máximo y el valor mínimo fue superior a 2/5 veces la anchura W7 (superior a 0,2 mm). Estos taladros se denominaron Ejemplos 1-10 a 1-12.

Además, como Ejemplos Comparativos para comparar con estos ejemplos, También se produjeron tres taladros para satisfacer cada una de las condiciones en las que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/4 o 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 estaba en el intervalo igual o menor a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,2 mm), y en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 3/2 veces la anchura W7 de la porción del margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 excedió 2/5 veces la anchura W7 (excedió 0,2 mm) de modo que el espesor W3 de la capa de PCD 3 no fue uniforme. Estos taladros se denominaron Ejemplos comparativos 1-1 a 1-9. En los taladros de los Ejemplos Comparativos 1-1 a 1-3 producidos de forma que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 (igual a o inferior a 0,2 mm) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/4 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue de 0,10 mm y el valor máximo de la misma fue de 0,23 mm. De forma similar, en los taladros de los Ejemplos Comparativos 1-4 a 1-6, cada uno de los que se produjo de manera que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces ancho W7 (igual o inferior a 0,2 mm) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 fue 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue de 0,70 mm y el valor máximo de la misma fue de 0,83 mm. Además, en los taladros de los Ejemplos Comparativos 1-7 a 1-9 producidos de forma que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 excedió 2/5 veces la anchura W7 (excede 0,2 mm) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue de 0,15 mm y el valor máximo de la misma fue de 3,0 mm. Para obtener el espesor de la capa de PCD 3, los espesores de la capa de PCD 3 en la dirección ortogonal al borde del filo cortante se midieron observando la capa de PCD 3 desde el lado de la punta en la dirección del eje con un microscopio estereoscópico, en cada uno de los seis puntos, que dividió igualmente una línea de la capa de PCD 3 a lo largo del borde del filo cortante desde el eje O hasta el extremo periférico exterior en cinco piezas, en los Ejemplos 1-1 a 1-12 y los Ejemplos Comparativos 1-1 a 1-9. Después, el valor promedio de los espesores de la capa de PCD 3 en 12 puntos, que se midieron en capas de PCD 3 formadas en dos filos de corte diferentes 5, fue considerado como el espesor W3 de la capa de PCD 3. Además, los puntos en los que los espesores de la capa de PCD 3 eran los más finos y los más gruesos fueron identificados, respectivamente, observando toda la capa de PCD 3 con un microscopio estereoscópico; y fueron considerados como el valor mínimo y el valor máximo de los espesores de la capa de PCD, respectivamente. Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 1.

Después, la perforación se realizó utilizando estos taladros para formar orificios pasantes en un material de trabajo fabricado de un material compuesto en el que se laminaba una aleación de titanio y aluminio sobre CFRP. El número de orificios perforados se midió en el momento en que se produjo la fractura en el filo cortante 5 o la anchura de desgaste del filo cortante 5 alcanzó 0,2 mm. El diámetro de cada uno de estos taladros era de 10 mm, el tamaño promedio de grano de diamante de la capa de PCD 3 fue de 10  $\mu\text{m}$ , y el contenido de Co de la capa de PCD 3 fue del 14 % en volumen. Además, el material de trabajo era un material en el que se laminó una aleación de Ti-6Al-4V con un espesor de 10 mm sobre CFRP que tenía un espesor de 5 mm. La perforación se realizó mediante trabajo en húmedo en el que una velocidad de corte fue de 15 m/min y una velocidad de alimentación de 0,05 mm/rev con una alimentación escalonada en la que se formó un orificio con una profundidad de 1 mm desde el lado de CFRP del material de trabajo en cada etapa. Los resultados de los mismos se muestran en la siguiente Tabla 1.

[Tabla 1]

Espesor de la capa de PCD en relación con la anchura de la porción de margen	1/4 veces	1/3 veces	1/2 veces	1 vez	3/2 veces	1/2 veces	3/2 veces
Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor de la capa de PCD con respecto a la anchura de la porción de margen [mm]	0,13	0,09	0,13	0,12	0,13	0,27	2,85

(continuación)

Espesor de la capa de PCD en relación con la anchura de la porción de margen	1/4 veces	1/3 veces	1/2 veces	1 vez	3/2 veces	1/2 veces	3/2 veces
El número de orificios perforados	Ejemplo Comparativo 1-1 50	Ejemplo 1-1 105	Ejemplo 1-4 141	Ejemplo 1-7 78	Ejemplo Comparativo 1-4 48	Ejemplo 1-10 87	Ejemplo Comparativo 1-7 6
	Ejemplo Comparativo 1-2 47	Ejemplo 1-2 96	Ejemplo 1-5 128	Ejemplo 1-8 82	Ejemplo Comparativo 1-5 59	Ejemplo 1-11 69	Ejemplo Comparativo 1-8 14
	Ejemplo Comparativo 1-3 61	Ejemplo 1-3 101	Ejemplo 1-6 153	Ejemplo 1-9 81	Ejemplo Comparativo 1-6 37	Ejemplo 1-12 72	Ejemplo Comparativo 1-9 9

De acuerdo con los resultados de la Tabla 1, en primer lugar, entre los Ejemplos Comparativos 1-1 a 1-9, en los Ejemplos Comparativos 1-7 a 1-9 en los que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 excedió 2/5 veces la anchura W7 (excedió 0,2 mm), el número de orificios perforados fue de 14 como máximo y se generaron grietas debido a la concentración de tensiones en la capa de PCD 3 de modo que los taladros alcanzaron el final de la vida útil de herramienta antes. Además, en los Ejemplos Comparativos 1-1 a 1-3 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,2 mm) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/4 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y los Ejemplos comparativos 1-4 a 1-6 en los que había una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o menor que 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, incluso en el intervalo en el que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 fue igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el número de orificios perforados fue de 61 como máximo y se produjo una fractura en el filo cortante 5 formado en la capa de PCD 3, de modo que los taladros alcanzaron el final de la vida útil de herramienta.

En contrapartida, en los taladros de los Ejemplos 1-1 a 1-12 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 estaba en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, se podrían formar sesenta y nueve orificios incluso en el Ejemplo 1-11 en el que el número de orificios perforados fue menor. En particular, en todos los Ejemplos 1-1 a 1-6 producidos de modo que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,2 mm) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 estaba en el intervalo de 1/3 a 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, se podrían formar alrededor de cien orificios. En todos los Ejemplos 1-4 a 1-6 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, se ha encontrado que la vida útil de herramienta se aumentó a dos o más veces la de los Ejemplos Comparativos 1-1 a 1-6.

Además, en el Ejemplo 1, la perforación se realizó en las mismas condiciones descritas anteriormente utilizando taladros en los que el valor mínimo del espesor W3 fue de 0,21 mm, el valor máximo del espesor W3 fue de 0,46 mm, y la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo fue superior a 2/5 veces la anchura W7 (superior a 0,2 mm), entre los taladros producidos de manera que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 (0,5 mm) de la porción de margen 7. Como resultado, el número de orificios perforados fue de 82. Incluso en el taladro producido de modo que el espesor W3 de la misma capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el filo cortante 5 era probable que se fracturara debido a la influencia de la tensión concentrada en la capa de PCD 3, la vida útil de herramienta se acortó y, por lo tanto, el número de orificios perforados fue pequeño, en comparación con los Ejemplos 1-4 a 1-6 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 estaba en el intervalo igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7. De forma similar, en los Ejemplos 1-10 a 1-12 en los ejemplos el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 era superior a 2/5 veces la anchura W7, el número de orificios perforados fue inferior al de los Ejemplos 1-4 a 1-6, en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 fue 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 estaba en el intervalo igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7. Por otra parte, como el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, la cantidad de orificios perforados fue superior a la de los Ejemplos Comparativos 1-1 a 1-9.

[Ejemplo 2]

A continuación, en el Ejemplo 2, taladros helicoidales de doble filo, cada uno de los que incluye filos cortantes 5 que incluyen porciones periféricas exteriores que tienen la forma de una curva cóncava y formadas en porciones de cresta de las caras de ángulo de ataque 4 en un lado de punta del cuerpo de herramienta 1, se produjeron

basándose en la segunda realización mencionada anteriormente. Como en el Ejemplo 1, se produjeron tres taladros helicoidales de doble filo para satisfacer condiciones en las que el espesor W3 (es decir, el espesor de la capa de PCD 3 expuesta al primer flanco 6A) era 1/3, 1/2 o 1 veces la anchura W7 (es decir, la anchura de la porción de margen 7) y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 fue igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7. Estos taladros se mencionaron como Ejemplos 2-1 a 2-9 como se muestra en la Tabla 2. Además, también se produjeron tres taladros como los Ejemplos 2-10 a 2-12 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era más grande que 2/5 veces la anchura W7. De forma similar, como Ejemplos comparativo, también se produjeron taladros que tenían la misma forma del filo cortante 5 que los Ejemplos 2-1 a 2-12. Se produjeron tres taladros como Ejemplos Comparativos 2-1 a 2-3 en los que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/4 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, se produjeron tres taladros como Ejemplos Comparativos 2-4 a 2-6 en los que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, y se produjeron tres taladros como Ejemplos Comparativos 2-7 a 2-9 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 excedió 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la capa de PCD 3 fue 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7. El espesor W3 de la capa de PCD 3 de cada uno de los Ejemplos 2-1 a 2-12 y los Ejemplos Comparativos 2-1 a 2-9 se midió por el mismo método que en el Ejemplo 1. Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 2.

Después, en el Ejemplo 2, la perforación se realizó utilizando estos taladros para formar orificios pasantes en un material de trabajo fabricado solo de CFRP y con un espesor de 10 mm. El número de orificios perforados se midió en el momento en que se produjo la fractura en el filo cortante 5 o la anchura de desgaste del filo cortante 5 alcanzó 0,2 mm. El diámetro de cada uno de los taladros de los Ejemplos 2-1 a 2-12 y los Ejemplos Comparativos 2-1 a 2-9 fue de 10 mm y la anchura W7 de la porción de margen 7 del mismo fue de 0,9 mm. Además, el tamaño promedio de grano de diamante de la capa de PCD 3 fue de 3 µm y fue inferior al del Ejemplo 1, y el contenido de Co de la capa de PCD 3 fue del 16 % en volumen. Asimismo, la perforación se realizó sin alimentación gradual mediante trabajo en seco en el que la velocidad de corte fue de 350 m/min y la velocidad de alimentación fue de 0,1 mm/rev. Los resultados de los mismos se muestran en la siguiente Tabla 2.

[Tabla 2]

Espesor de la capa de PCD en relación con la anchura de la porción de margen	1/4 veces	1/3 veces	1/2 veces	1 vez	3/2 veces	1/2 veces	3/2 veces
Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor de la capa de PCD con respecto a la anchura de la porción de margen [mm]	0,13	0,09	0,13	0,12	0,13	0,95	2,85
El número de orificios perforados	Ejemplo Comparativo 2-1 336	Ejemplo 2-1 525	Ejemplo 2-4 611	Ejemplo 2-7 486	Ejemplo Comparativo 2-4 292	Ejemplo 2-10 342	Ejemplo Comparativo 2-7 42
	Ejemplo Comparativo 2-2 402	Ejemplo 2-2 521	Ejemplo 2-5 670	Ejemplo 2-8 475	Ejemplo Comparativo 2-5 369	Ejemplo 2-11 304	Ejemplo Comparativo 2-8 23
	Ejemplo Comparativo 2-3 279	Ejemplo 2-3 498	Ejemplo 2-6 623	Ejemplo 2-9 472	Ejemplo Comparativo 2-6 340	Ejemplo 2-12 421	Ejemplo Comparativo 2-9 84

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, entre los Ejemplos Comparativos 2-1 a 2-9, en los Ejemplos Comparativos 2-7 a 2-9 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 excedió 2/5 veces la anchura W7 (excedió 0,36 mm), el número de orificios perforados no llegó a 100 como máximo y los taladros alcanzaron el final de su vida útil de herramienta temprano debido a las grietas de la capa de PCD 3 causadas por la concentración de tensiones. Además, en los Ejemplos Comparativos 2-1 a 2-3 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,36 mm) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/4 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y los Ejemplos Comparativos 2-4 a 2-6 en los que una diferencia entre el

valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 3/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el número de orificios perforados fue de 402 como máximo, y los taladros alcanzaron el final de la vida útil de herramienta debido a la fractura del filo cortante 5.

5 En contrapartida, en los taladros de los Ejemplos 2-1 a 2-9 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 estaba en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el mínimo el valor era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,36 mm), se podrían formar al menos 472 orificios y se podrían perforar aproximadamente 500 orificios. Además, como en los Ejemplos 1-1 a 1-6, 10 en los Ejemplos 2-1 a 2-6 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 (igual o inferior a 0,36 mm ) y el espesor W3 de la capa de PCD 3 estaba en el intervalo de 1/3 a 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el número de orificios perforados fue superior al de los Ejemplos 2-7 a 2-9, en los que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la 15 capa de PCD 3 era igual a la anchura W7 de la porción de margen 7. En particular, en todos los Ejemplos 2-4 a 2-6 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 de la capa de PCD 3 fue igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7 y el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7, el número de orificios perforados superó los 600 y la vida útil de cada herramienta se incrementó aún más. Asimismo, en los Ejemplos 2-10 a 2-12 en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la 20 anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 era superior a 2/5 veces la anchura W7 (superior a 0,36 mm), el número de orificios perforados fue inferior al de los Ejemplos 2-4 a 2-6, en los que el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de margen 7 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W3 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W7. Sin embargo, como el espesor W3 de la capa de PCD 3 era 1/2 veces la anchura W7 de la porción de 25 margen 7, el número promedio de orificios perforados fue superior al de los Ejemplos Comparativos 2-1 a 2-9.

[Ejemplo 3]

30 Además, en el Ejemplo 3, tres fresas de corte, en cada una de las que la presente invención se aplicó a la fresa de corte mencionado anteriormente, fueron producidas para satisfacer las condiciones en las que el espesor W13 (es decir, el espesor de la capa de PCD 13 expuesta a la porción de margen (la primera cara de flanco periférica exterior) en la dirección circunferencial) era 1/3, 1/2 o 1 veces la anchura W17 (es decir, la anchura de la porción de margen 17 en la dirección circunferencial) y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 fue igual o inferior a 2/5 veces la anchura W17. Estas fresas de corte se mencionaron como Ejemplos 3-1 a 3-9 35 como se muestra en la Tabla 3. Además, también se produjeron tres fresas de corte como los Ejemplos 3-10 a 3-12 en los que el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/2 veces la anchura W17 de la porción de margen 17 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 de la capa de PCD 13 era superior a 2/5 veces la anchura W17. Como Ejemplos Comparativos para comparar con estos ejemplos, se produjeron tres fresas de corte como Ejemplos Comparativos 3-1 a 3-3 en los que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor 40 W13 era igual o inferior a 2/5 de la anchura W17 y el espesor W13 era 1/4 veces la anchura W17, Se produjeron tres fresas de corte como Ejemplos Comparativos 3-4 a 3-6 en los que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 era igual o inferior a 2/5 de la anchura W17 y el espesor W13 era 3/2 veces la anchura W17, y tres fresas de corte como Ejemplos Comparativos 3-7 a 3-9 en los que se produjo una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 excedió 2/5 de la anchura W17 y el espesor W13 fue 3/2 veces la 45 anchura W17, en los que el espesor W13 era el espesor de la capa de PCD 13 expuesta a la porción de margen (la primera cara de flanco periférica exterior) en la dirección circunferencial y la anchura W17 era la anchura de la porción de margen 17 en la dirección circunferencial. Los espesores de la capa de PCD 13 en la dirección ortogonal a la cresta del filo cortante se midieron observando la capa de PCD 13 desde el lado de la punta en la dirección del eje con un microscopio estereoscópico, en cada uno de los seis puntos, que dividió igualmente una línea de la capa 50 13 de PCD a lo largo del borde del filo cortante desde el extremo periférico interno cerca del eje O hasta el extremo periférico exterior en cinco piezas, en los Ejemplos 3-1 a 3-12 y los Ejemplos Comparativos 3-1 a 3-9. Después, el valor promedio de los espesores de la capa de PCD 13 en 24 puntos, que se midieron en capas de PCD 13 formadas en cuatro filos de corte diferentes 15, fue considerado como el espesor W13 de la capa de PCD 13. Además, los puntos en los que los espesores de la capa de PCD 13 eran los más finos y los más gruesos fueron 55 identificados, respectivamente, observando toda la capa de PCD 13 con un microscopio estereoscópico; y fueron considerados como el valor mínimo y el valor máximo de los espesores de la capa de PCD, respectivamente. Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 3.

60 Después, el recorte se realizó utilizando estas fresas de corte para cortar una porción no deseada de un borde de apertura de un material de trabajo en forma de marco de ventana fabricado de solo CFRP y con un espesor de 20 mm. Se midió una longitud de corte en el momento de la fractura en el filo cortante (filo cortante periférico) o la anchura de desgaste del filo cortante (filo cortante periférico) que alcanzó 0,2 mm. Cada una de estas fresas de corte era una fresa de corte cuadrado de cuatro bordes cuyo diámetro era de 10 mm y la anchura de la porción de margen 7 era de 0,7 mm. El tamaño promedio de grano de diamante de la capa de PCD fue de 3 µm y fue pequeño 65 como en el Ejemplo 2, y el contenido de Co de la capa de PCD fue del 16 % en volumen. Además, una condición de trabajo era trabajo en seco en el que la velocidad de corte era de 200 m/min, una velocidad de alimentación fue de

700 mm/min, y la profundidad de corte fue de 5 mm. Los resultados de los mismos se muestran en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3

Espesor de la capa de PCD en relación con la anchura de la porción de margen	1/4 veces	1/3 veces	1/2 veces	1 vez	3/2 veces	1/2 veces	3/2 veces
Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor de la capa de PCD con respecto a la anchura de la porción de margen [mm]	0,13	0,09	0,13	0,12	0,13	0,75	2,85
Longitud de corte	Ejemplo Comparativo 3-1 12m	Ejemplo 3-1 20m	Ejemplo 3-4 25m	Ejemplo 3-7 18m	Ejemplo Comparativo 3-4 13m	Ejemplo 3-10 16m	Ejemplo Comparativo 3-7 6m
	Ejemplo Comparativo 3-2 13m	Ejemplo 3-2 21 m	Ejemplo 3-5 24m	Ejemplo 3-8 19m	Ejemplo Comparativo 3-5 12m	Ejemplo 3-11 24m	Ejemplo Comparativo 3-8 10m
	Ejemplo Comparativo 3-3 12m	Ejemplo 3-3 19m	Ejemplo 3-6 24m	Ejemplo 3-9 18m	Ejemplo Comparativo 3-6 13m	Ejemplo 3-12 13 m	Ejemplo Comparativo 3-9 11m

5 De acuerdo con los resultados de la Tabla 3, entre los Ejemplos Comparativos 3-1 a 3-9, en los Ejemplos Comparativos 3-7 a 3-9 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 de la capa 13 de PCD excedió 2/5 de la anchura W17 de la porción de margen 17 (excedió 0,28 mm), se generaron grietas causadas por la concentración de tensión en la capa 13 de PCD, de modo que las fresas de corte alcanzaron el final de su vida útil de herramienta con una longitud de corte de 11 m como máximo. Además, incluso en los Ejemplos Comparativos 3-1 a 3-3 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 de la capa de PCD 13 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W17 (igual o inferior a 0,28 mm) y el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/4 veces la anchura W17 de la porción de margen 17 y los Ejemplos Comparativos 3-4 a 3-6 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 de la capa 13 de PCD era igual o menor a 2/5 veces la anchura W17 (igual o menor a 0,28 mm) y el espesor W13 de la capa 13 de PCD era 3/2 veces la anchura W17 de la porción de margen 17, las fresas de corte llegaron al final de su vida útil de herramienta debido a la fractura del filo periférico formado en la capa de PCD cuando la longitud de corte era de aproximadamente 13 m.

20 En contrapartida, entre las fresas de corte de los Ejemplos 3-1 a 3-9 en los que una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 de la capa de PCD 13 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W17 (igual o inferior a 0,28 mm) y el espesor W13 de la capa de PCD 13 estaba en el intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura W17 de la porción de margen 17, una longitud de corte fue de 18 m incluso en los Ejemplos 3-7 y 3-9 con la longitud de corte más corta. Entre los Ejemplos 3-1 a 3-3 en los que el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/3 veces la anchura W17 de la porción de margen 17, una longitud de corte fue de 19 m incluso en el Ejemplo 3-3 que tenía la longitud de corte más corta. En particular, se podría obtener una longitud de corte superior a 20 m en todos los Ejemplos 3-4 a 3-6 donde el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/2 veces la anchura W17 de la porción de margen 17. Además, en los Ejemplos 3-10 a 3-12 en los que el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/2 veces la anchura W17 de la porción de margen 17 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor W13 era superior a 2/5 veces la anchura W17 (superior a 0,28 mm), una longitud de corte era más corta que la de los Ejemplos 3-4 a 3-6 en los que el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/2 veces la anchura W17 de la porción de margen 17 y una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de el espesor W13 era igual o inferior a 2/5 veces la anchura W17. Sin embargo, como el espesor W13 de la capa de PCD 13 era 1/2 veces la anchura W17 de la porción de margen 17, la longitud de corte promedio fue superior a la de los Ejemplos Comparativos 3-1 a 3-9.

35 De acuerdo con los resultados de los ejemplos 1 a 3, se ha encontrado que la resistencia a la fractura era excelente en las herramientas en las que el espesor de la capa de PCD era de 1/3 a 1 veces, particularmente, 1/3 a 1/2 veces la anchura de la porción de margen. Además, se ha encontrado que la resistencia a la fractura era aún más excelente cuando la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor de la capa de PCD era igual o inferior a 2/5 veces la anchura de la porción de margen.

Asimismo, de acuerdo con los resultados de los Ejemplos 1,2 y 3, era deseable que el tamaño de grano de diamante

de la capa de PCD fuera grande en el caso de que un material de trabajo fuera un material compuesto de materiales difíciles de cortar, como CFRP-Ti o CFRP-A1, y el tamaño de grano de diamante de la capa de PCD es pequeño en un caso en el que un material de trabajo era plástico reforzado con fibra, tal como CFRP o GFRP.

## 5 Aplicabilidad Industrial

En la herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino de la presente invención, se puede garantizar una resistencia suficiente a la fractura de la capa de PCD en la que se forma el filo cortante mientras se evita que el desgaste llegue temprano al sustrato de carburo fabricado de carburo cementado. Por consiguiente, la herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino de la presente invención es adecuada para cortar CFRP o un material compuesto del mismo.

### Lista de símbolos de referencia

- 15 1: CUERPO DE HERRAMIENTA
- 2: ESTRÍA
- 3: CAPA PCD (CAPA DE DIAMANTE POLICRISTALINO)
- 4: CARA DE ÁNGULO DE ATAQUE
- 5: FILO CORTANTE
- 20 5A: BORDE DE ADELGAZAMIENTO
- 6: FLANCO
- 6A: PRIMER FLANCO
- 6B: SEGUNDO FLANCO
- 7: PORCIÓN DE MARGEN
- 25 O: EJE DEL CUERPO DE HERRAMIENTA 1
- T: DIRECCIÓN DE GIRO
- W3: ESPESOR DE LA CAPA DE PCD 3
- W7: ANCHURA DE LA PORCIÓN DE MARGEN 7

**REIVINDICACIONES**

1. Una herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino, comprendiendo la herramienta de corte giratoria:

5 un cuerpo de herramienta (1) configurado para girar alrededor de un eje (O) con un sustrato de carburo fabricado de carburo cementado y una estría (2) provista en una porción de punta del cuerpo de herramienta (1);  
 una capa de diamante policristalino (3) fabricada de un material de diamante policristalino sinterizado integralmente con el sustrato de carburo y provisto en una cara interior de la estría (2) orientada en una dirección  
 10 de giro (T) del cuerpo de herramienta (1); y  
 un filo cortante (5) provisto en la capa de diamante policristalino (3) para tener una cara de ángulo de ataque (4) como la cara interior,  
 en donde una porción de margen (7) continua con un lado posterior de la estría (2) en la dirección de giro (T) está formada en una periferia externa de la porción de punta del cuerpo de herramienta (1), y  
 15 el filo cortante (5) está formado en una porción de la cresta de la cara de ataque (4) en el lado de la punta del cuerpo de herramienta (1),  
 y el espesor (W3) de la capa de diamante policristalino (3) está establecido en un intervalo de 1/3 a 1 veces la anchura (W7) de la porción de margen (7) cuando se ve desde el lado de la punta del cuerpo de herramienta (1) en la dirección del eje (O), **caracterizada por que** el filo cortante (5) está formado en una curva cóncava y  
 20 convexa cuando se ve desde el lado de la punta del cuerpo de herramienta (1) en la dirección del eje (O).

2. La herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino de acuerdo con la reivindicación 1,  
 25 en la que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del espesor (W3) de la capa de diamante policristalino (3) está establecida en un intervalo igual o inferior a 2/5 veces la anchura (W7) de la porción de margen (7).

3. La herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2,  
 30 en la que la capa de diamante policristalino (3) contiene del 75 al 95 % en volumen de diamante.

4. La herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,  
 35 en la que el tamaño de grano de diamante de la capa de diamante policristalino (3) está en un intervalo de 0,5 a 60 µm.

5. La herramienta de corte giratoria que incluye un material de diamante policristalino de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,  
 en la que la dureza Knoop de la capa de diamante policristalino (3) está en un intervalo de 35 a 44 GPa.

FIG. 1

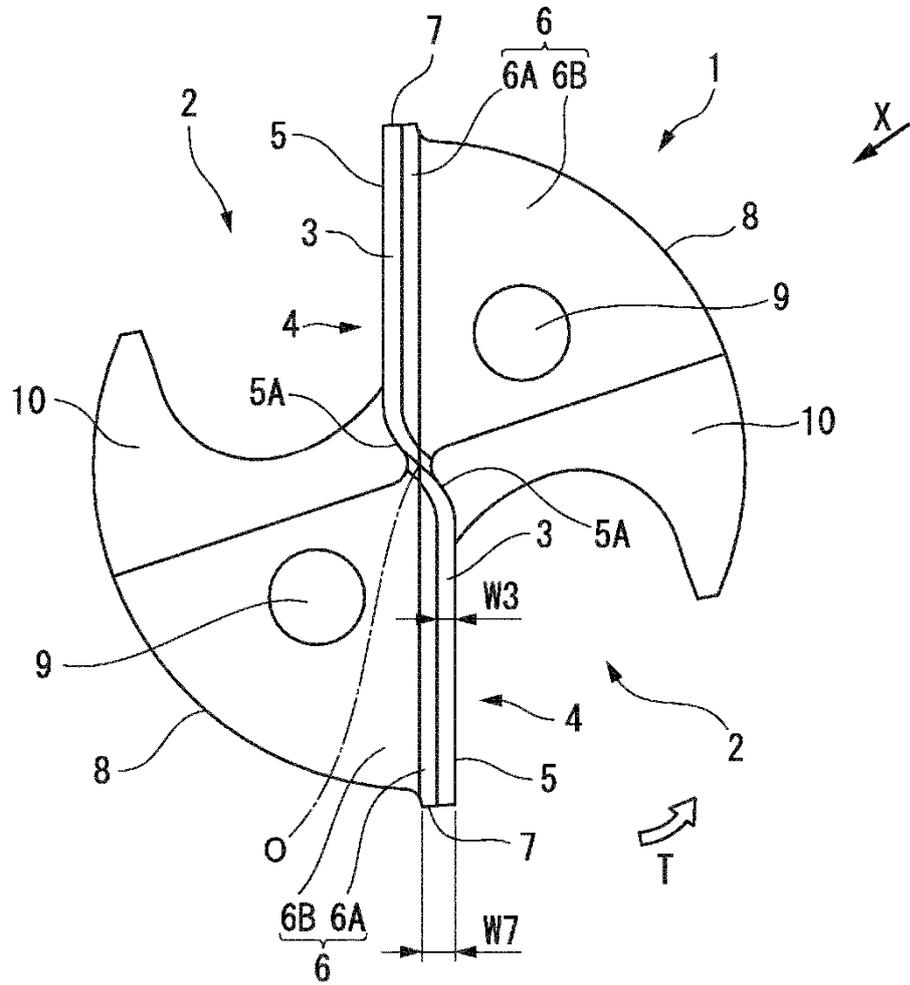


FIG. 2

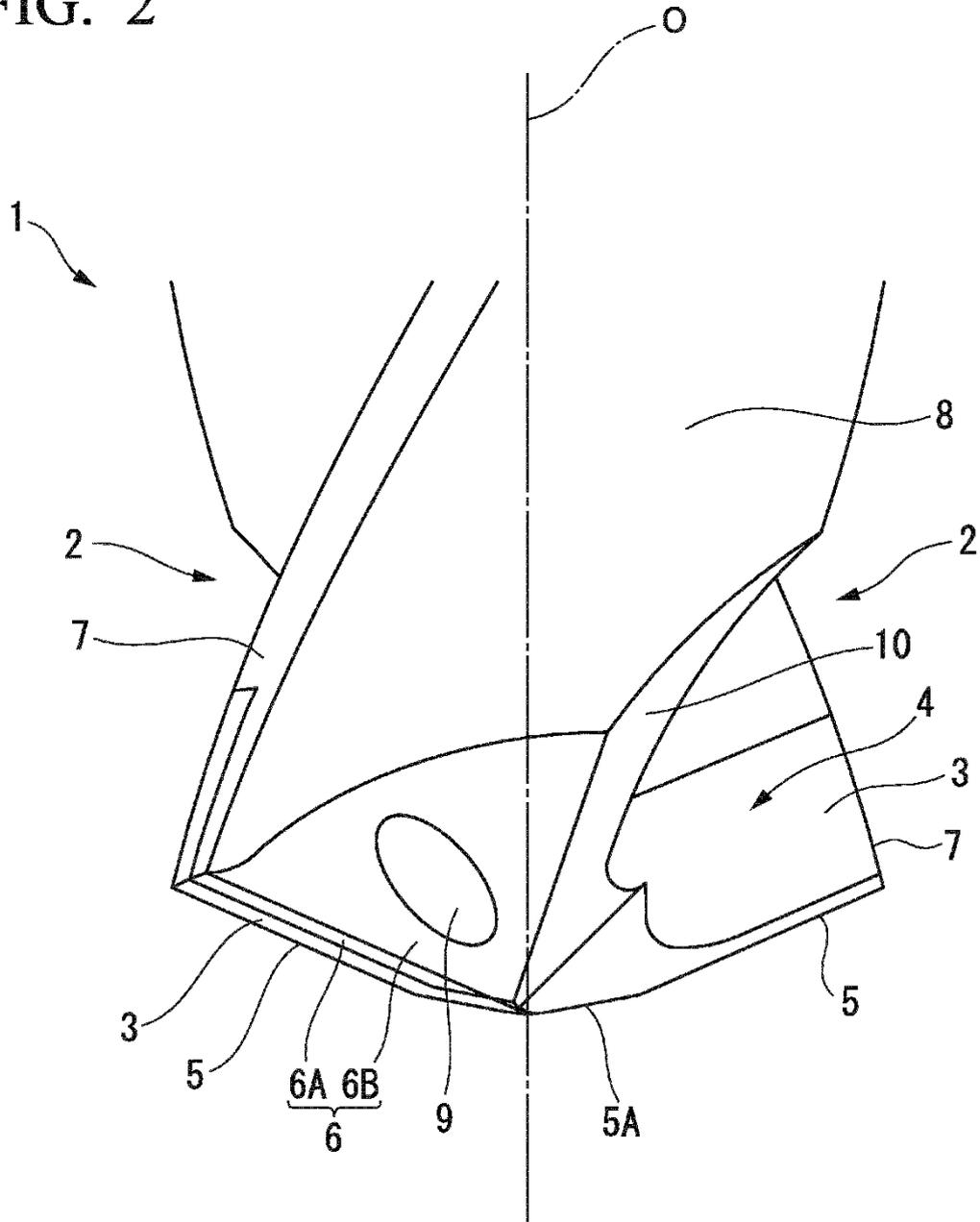


FIG. 3

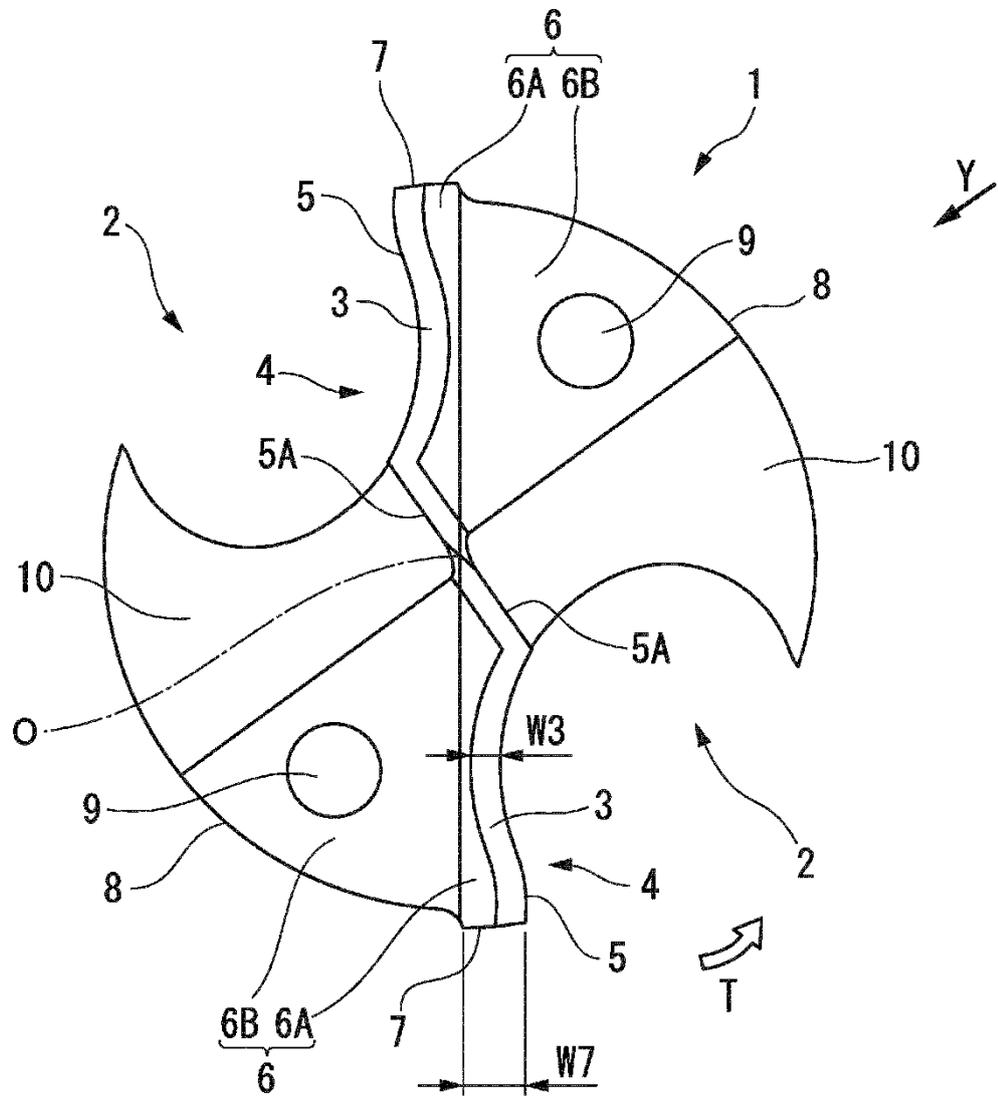


FIG. 4

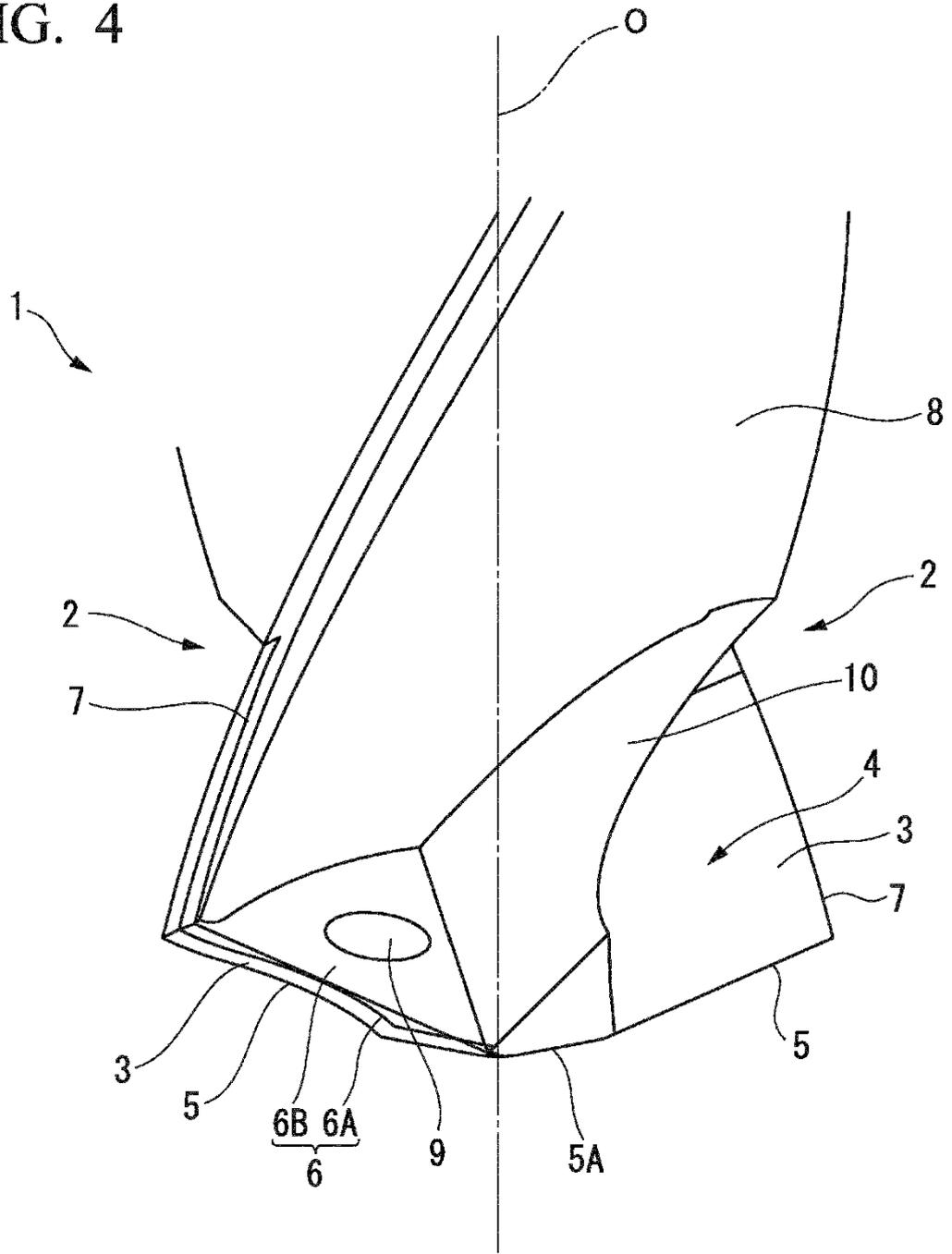


FIG. 5

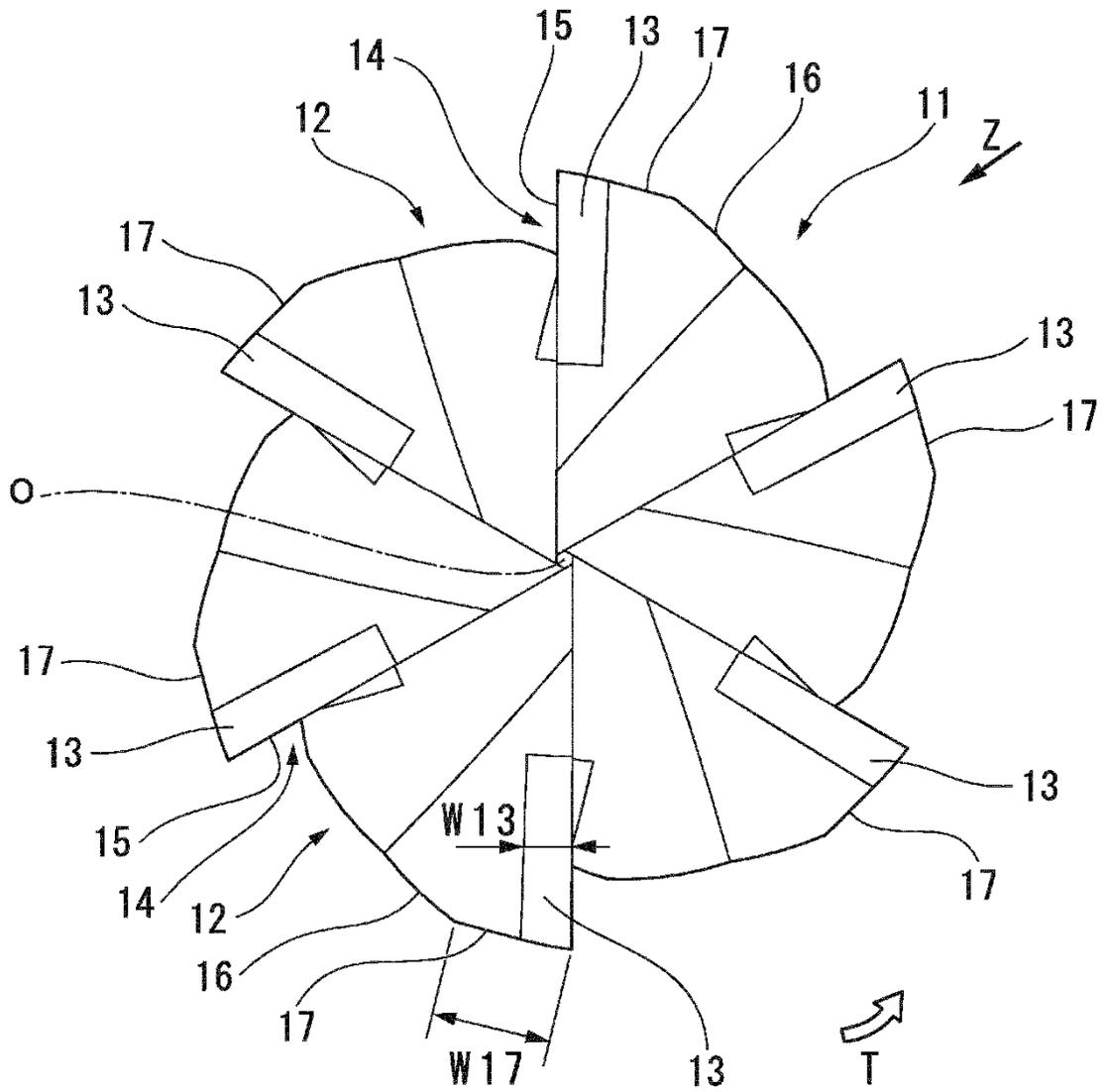


FIG. 6

