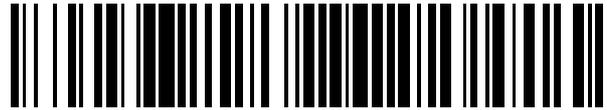


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 235**

51 Int. Cl.:

C04B 35/10 (2006.01)

B23B 27/14 (2006.01)

C04B 35/56 (2006.01)

C04B 35/117 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2013 PCT/JP2013/007683**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15019391**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2013 E 13890255 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 3031788**

54 Título: **Composición cerámica y herramienta de corte**

30 Prioridad:

08.08.2013 JP 2013164637

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

24.07.2020

73 Titular/es:

**NGK SPARK PLUG CO., LTD. (100.0%)
14-18, Takatsuji-cho, Mizuho-ku
Nagoya-shi, Aichi 467-8525, JP**

72 Inventor/es:

**MOTEKI, JUN;
KATSU, YUSUKE y
MITSUOKA, TAKESHI**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 775 235 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

Composición cerámica y herramienta de corte

5 La presente invención se refiere a una composición cerámica y una herramienta de corte.

Una composición cerámica compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3) tiene propiedades mecánicas relativamente excelentes, resistencia a la reacción y resistencia al calor y, en consecuencia, se utiliza para herramientas, elementos estructurales y componentes estructurales. Una composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno es una composición cerámica producida mediante la adición de carburo de tungsteno (WC) a alúmina y tiene propiedades mecánicas y resistencia al calor más excelentes. En consecuencia, la composición cerámica basada en carburo de alúmina/tungsteno se utiliza para, por ejemplo, herramientas de corte y moldes (véase, por ejemplo, Bibliografías de Patentes 1 y 2).

15 Una composición cerámica a base de alúmina/carburo de tungsteno/circonia es una composición cerámica producida mediante la adición adicional de circonia (ZrO_2) a alúmina y carburo de tungsteno y tiene además excelentes propiedades mecánicas. En consecuencia, la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia es utilizable para, por ejemplo, una herramienta de corte para una aleación resistente al calor que necesita una mayor resistencia al impacto y al calor (véase, por ejemplo, Bibliografía de Patentes 3).

20 Para la herramienta de corte de la aleación resistente al calor a menudo se usa una composición cerámica de tipo filamento. La composición cerámica de tipo filamento es una composición cerámica producida mediante la adición de filamentos de carburo de silicio a la alúmina. La composición cerámica de tipo filamento, sin embargo, tiene problemas porque el filamento de carburo de silicio utilizado como materia prima es relativamente caro y que se requiere una manipulación cuidadosa para evitar un peligro potencial para la salud causado por el filamento de carburo de silicio de cristales de aguja. La composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia proporciona las propiedades mecánicas y la durabilidad sustancialmente equivalentes a las de la composición cerámica de tipo filamento y además es superior a la composición cerámica de tipo filamento en el coste y el bajo riesgo de riesgo para la salud.

30 **Bibliografía de patentes**

PTL 1: JP H05-279121A; PTL 2: JP H06-009264A; PTL 3: JP H09-221352A

35 Las composiciones cerámicas de las Bibliografías de Patentes 1 a 3 tienen el problema de que la fuerza de unión entre los granos de cristal de alúmina se reduce por el esfuerzo residual de tracción que se produce en los granos de cristal de alúmina debido a la diferencia entre los coeficientes de expansión térmica de alúmina y carburo de tungsteno. La reducción de la fuerza de unión entre los granos de cristal de alúmina acelera el desarrollo de grietas en la composición cerámica. Esto deteriora las propiedades mecánicas de la composición cerámica y da como resultado la reducción de la durabilidad de la composición cerámica.

Para resolver los problemas descritos anteriormente, la invención puede realizarse mediante cualquiera de los siguientes aspectos.

45 (1) Según un aspecto de la invención, se proporciona una composición cerámica compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y circonia (ZrO_2) junto con impurezas inevitables que son al menos una de hierro, cromo, cobalto y níquel en una cantidad no superior al 0,1 % en masa. En esta composición cerámica, el circonio (Zr) se distribuye en un primer límite de grano como una interfaz donde una alúmina (Al_2O_3) grano de cristal es adyacente a un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) y en un segundo límite de grano como una interfaz donde dos granos de cristal de alúmina (Al_2O_3) son adyacentes entre sí. Según este aspecto, el circonio (Zr) distribuido en el primer límite de grano y en el segundo límite de grano mejora la fuerza de unión entre los granos de cristal en cada límite de grano. La distribución de circonio es medible como se describe en este documento. En consecuencia, esto mejora las propiedades mecánicas de la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia y mejora su durabilidad. La expresión "compuesto principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y circonia (ZrO_2)" en este documento significa que la composición cerámica contiene una impureza inevitable distinta a la alúmina, carburo de tungsteno y circonia. La "impureza inevitable" es al menos una de hierro (Fe), cromo (Cr), cobalto (Co) y níquel (Ni) incorporadas inevitablemente en el proceso de fabricación y están presentes en una cantidad tal que la solución sólida de la inevitable impureza en el carburo de tungsteno no reduce la resistencia a la flexión, la dureza o la conductividad térmica (por ejemplo, no superior a 0,1 % en masa).

50 (2) En una sección transversal de la composición cerámica descrita anteriormente, una relación entre un área de sección transversal A de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) que no es adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) pero está rodeado por al menos un tipo de grano de cristal de alúmina (Al_2O_3) y un grano de cristal de circonia (ZrO_2) y un área de sección transversal B de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) puede satisfacer $1,5 \leq A/(A+B) \times 100 \leq 50,0$. $A/(A+B)$ se determina como se describe en este documento. Este aspecto logra el

refuerzo de los granos de cristal por un esfuerzo residual de compresión que ocurre en el grano de cristal de carburo de tungsteno rodeado de alúmina y/o circonia que tiene coeficientes de expansión térmica relativamente altos, simultáneamente con la mejora de la conducción térmica mediante una vía de conducción térmica formada por la unión de los granos de cristal de carburo de tungsteno. En consecuencia, este aspecto mejora las propiedades mecánicas y la resistencia al calor de la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia y da como resultado una mejora adicional de su durabilidad.

(3) En la composición cerámica descrita anteriormente, el carburo de tungsteno (WC) puede ocupar una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, la circonia (ZrO_2) puede ocupar una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 18,0 % en volumen, y la alúmina (Al_2O_3) puede ocupar una parte residual. Este aspecto mejora las propiedades mecánicas y la resistencia al calor de la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia y mejora aún más su durabilidad.

La invención puede realizarse mediante cualquiera de varios aspectos distintos de la composición cerámica: por ejemplo, una herramienta de corte fabricada con la composición cerámica descrita anteriormente, un molde fabricado con la composición cerámica descrita anteriormente o un método de fabricación para fabricar la composición cerámica descrita anteriormente.

Figs. 1A y 1B son diagramas que ilustran una estructura habitual de una composición cerámica según una realización;

Figs. 2A y 2B son diagramas que ilustran los límites de grano habituales de una composición cerámica según una realización;

La Fig. 3 es un diagrama de flujo que muestra un método de fabricación de la composición cerámica;

Figs. 4A y 4B son diagramas que ilustran los límites de grano de una muestra SC1;

Figs. 5A y 5B son diagramas que ilustran los límites de grano de una muestra SC2;

La Fig. 6 es un gráfico que muestra la relación entre la cantidad de adición de un dispersante y la viscosidad de una suspensión;

Fig. 7 es un diagrama que ilustra esquemáticamente la variación en el estado de la suspensión con una variación en la cantidad de adición del dispersante;

Figs. 8A y 8B son diagramas que ilustran la estructura de una muestra SC3; y

Figs. 9A y 9B son diagramas que ilustran la estructura de una muestra 4.

A. Estructura de la composición cerámica

Una composición cerámica según una realización de la invención es una composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno (WC)/circonia compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y circonia (ZrO_2) junto con impurezas inevitables que son al menos una de hierro, cromo, cobalto y níquel en una cantidad no superior al 0,1 % en masa. En la composición cerámica de la realización de la invención, el circonio (Zr) se distribuye en un primer límite de grano como una interfaz donde una alúmina (Al_2O_3) grano de cristal es adyacente a un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) y en un segundo límite de grano como una interfaz donde dos granos de cristal de alúmina (Al_2O_3) son adyacentes entre sí.

Figs. 1A y 1B son diagramas que ilustran una estructura habitual de una composición cerámica según una realización. Una imagen mostrada en la Fig. 1A es una imagen de microscopio electrónico de barrido (SEM) de una superficie arbitraria de una composición cerámica sujeta a pulido de espejo y posterior grabado térmico. Una imagen mostrada en la Fig. 1B es una representación esquemática de los granos de cristal mostrados en la imagen de la Fig. 1A. Cada lado de las imágenes mostradas en las Figs. 1A y 1B corresponden a la longitud de 10 μm (micrómetros) de la composición cerámica real.

La composición cerámica de la realización es un cuerpo policristalino e incluye una pluralidad de granos de cristal de alúmina 10, una pluralidad de granos de cristal de carburo de tungsteno 20 y una pluralidad de granos de cristal de circonio 30. Los granos de cristal de alúmina 10 son partículas de cristal formadas por alúmina (Al_2O_3). Los granos de cristal de carburo de tungsteno 20 son partículas de cristal formadas por carburo de tungsteno (WC). Los granos de cristal de circonia 30 son partículas de cristal formadas por circonia (ZrO_2).

La pluralidad de granos de cristal de carburo de tungsteno 20 incluye granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A), cada uno de los cuales no es adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno 20, pero está rodeado por al menos un tipo de granos de cristal de los granos de cristal de alúmina 10 y granos de cristal de circonia 30 y granos de cristal de tungsteno 20(B), cada uno de los cuales es adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno 20. En la descripción de esta realización, el código utilizado para representar el grano de cristal de carburo de tungsteno es un símbolo "20" en el caso de que la relación con los granos de cristal circundantes no esté especificada y los símbolos "20(A)" y "20(B)" en el caso de que se especifique la relación con los granos de cristal circundantes. El grano de cristal de carburo de tungsteno 20(A) es una partícula de cristal que no es adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno 20. El grano de cristal de carburo de tungsteno 20(B) es una partícula de cristal que es adyacente a uno o más de otros granos de cristal de carburo de tungsteno 20.

Figs. 2A y 2B son diagramas que ilustran los límites de grano habituales de una composición cerámica según una

realización. Una imagen mostrada en el lado izquierdo de la Fig. 2A es una imagen de microscopio electrónico de transmisión de barrido (STEM) de un primer límite de grano 40 que es una interfaz arbitraria donde un grano de cristal de alúmina 10 es adyacente a un grano de cristal de carburo de tungsteno 20. Una imagen que se muestra en el lado derecho de la Fig. 2A es un gráfico de la concentración de elemento de circonio (Zr) en la periferia del primer límite de grano 40 medido por un espectrómetro de rayos X dispersivo de energía (EDS).

La abscisa del gráfico en la Fig. 2A indica las posiciones respectivas en una línea recta que se cruza con el primer límite de grano 40 o más específicamente una posición A1 del grano de cristal de alúmina 10 a través de una posición A2 en el primer límite de grano 40 a una posición A3 del grano de cristal de carburo de tungsteno 20. La distancia desde la posición A1 a la posición A3 es de aproximadamente 50 nm (nanómetros). La ordenada de la gráfica en la Fig. 2A muestra la concentración del elemento circonio. En la composición cerámica de la realización, el circonio (Zr) se distribuye en el primer límite de grano 40 donde el grano de cristal de alúmina 10 es adyacente al grano de cristal de carburo de tungsteno 20.

Una imagen que se muestra en el lado izquierdo de la Fig. 2B es una imagen STEM de un segundo límite de grano 50 que es una interfaz arbitraria donde dos granos de cristal de alúmina 10 son adyacentes entre sí. Una imagen que se muestra en el lado derecho de la Fig. 2B es un gráfico de la concentración del elemento circonio en la periferia del segundo límite de grano 50 medido por EDS. La abscisa del gráfico en la Fig. 2B indica las posiciones respectivas en una línea recta que se cruza con el segundo límite de grano 50 o más específicamente una posición A4 de un grano de cristal de alúmina 10 a través de una posición A5 en el segundo límite de grano 50 a una posición A6 del otro grano de cristal de alúmina 10. La distancia desde la posición A4 a la posición A6 es de aproximadamente 50 nm. La ordenada del gráfico de la Fig. 2B muestra la concentración del elemento circonio. En la composición cerámica habitual de la realización, el circonio (Zr) se distribuye en el segundo límite de grano 50 donde los dos granos de cristal de alúmina 10 son adyacentes entre sí.

En la composición cerámica de la realización, el circonio (Zr) distribuido en el primer límite de grano 40 y en el segundo límite de grano 50 mejora la fuerza de unión entre los granos de cristal en cada límite de grano. En consecuencia, esto mejora las propiedades mecánicas de la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia y mejora su durabilidad.

En la composición cerámica de la realización, en cualquier sección transversal de la composición cerámica, es preferente que la relación entre un área de sección transversal A del grano de cristal de carburo de tungsteno 20(A) y un área de sección transversal B del grano de cristal de carburo de tungsteno 20(B) satisfaga $1,5 \leq A/(A+B) \times 100 \leq 50,0$. Esto logra el refuerzo de los granos de cristal por una tensión residual de compresión que ocurre en los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) rodeados de alúmina y/o circonia que tienen coeficientes de expansión térmica relativamente altos, simultáneamente con la mejora de la conducción térmica por una vía de conducción térmica formada por la unión de los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(B). En consecuencia, esto mejora las propiedades mecánicas y la resistencia al calor de la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia y da como resultado una mejora adicional de su durabilidad.

En la composición cerámica de la realización, es preferente que el carburo de tungsteno (WC) ocupe una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, la circonia (ZrO_2) ocupe una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 18,0 % en volumen, y la alúmina (Al_2O_3) ocupe una parte residual. Esto mejora las propiedades mecánicas y la resistencia al calor de la composición cerámica a base de alúmina/carburo de tungsteno/circonia y mejora aún más su durabilidad. La composición cerámica de la realización tiene preferentemente una resistencia a la flexión (resistencia a la flexión de 3 puntos bajo la condición de la longitud del tramo externo (tramo) de 30 mm según el Patrón Industrial Japonés (JIS) R 1601) de más de 1100 MPa y un conductividad térmica (conductividad térmica a temperatura ambiente según JIS R 1611) superior a 26 W/(m.K).

B. Método de fabricación de la composición cerámica

La Fig. 3 es un diagrama de flujo que muestra un método de fabricación de la composición cerámica. El método de fabricación de la Fig. 3 se emplea para fabricar la composición cerámica de la realización descrita anteriormente. En el procedimiento de fabricación de la composición cerámica, el fabricante primero pesa polvo de alúmina, polvo de carburo de tungsteno y polvo de circonio como materia prima de la composición cerámica, respectivamente (proceso P105).

El polvo de alúmina que tiene el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,5 μm puede usarse como materia prima de la composición cerámica. El tamaño medio de partícula del polvo de alúmina utilizado como materia prima puede ser inferior a 0,5 μm o superior a 0,5 μm . En la descripción de esta realización, el tamaño medio de partícula de cualquier polvo es un valor medido utilizando un dispositivo de medición de distribución de tamaño de partícula de tipo difracción láser.

El polvo de carburo de tungsteno que tiene el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm puede usarse como materia prima de la composición cerámica. El tamaño medio de partícula del polvo de carburo de tungsteno utilizado como materia prima puede ser inferior a 0,7 μm o superior a 0,7 μm .

El polvo de circonia (polvo 3YSZ) que tiene un tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm y está parcialmente estabilizado con 3 % en moles (porcentaje en moles) de itria (Y_2O_3) como agente estabilizante puede usarse como materia prima de la composición cerámica. El tamaño medio de partícula del polvo de circonia utilizado como materia prima puede ser inferior a 0,7 μm o superior a 0,7 μm . El polvo de circonia utilizado como materia prima no se limita al polvo 3YSZ, sino que puede ser otro polvo que contenga circonia.

Después de pesar los polvos respectivos (proceso P105), el fabricante realiza una pulverización preliminar (proceso P110). En el proceso de pulverización preliminar, el fabricante mezcla el polvo de alúmina y el polvo de circonia con un disolvente (por ejemplo, etanol) mientras tritura las partículas de los respectivos polvos usando un molino de bolas (proceso P110). De acuerdo con la presente realización, el tiempo de pulverización preliminar es de aproximadamente 20 horas. De acuerdo con otras realizaciones, el tiempo de pulverización preliminar puede ser inferior a 20 horas o superior a 20 horas.

Después de la pulverización preliminar (proceso P110), el fabricante añade el polvo de carburo de tungsteno, un disolvente y un dispersante a la mezcla en el molino de bolas y además continúa mezclando y triturando (proceso P120). En consecuencia, el fabricante obtiene una suspensión en donde las respectivas partículas de alúmina, el carburo de tungsteno y la circonia se dispersan. De acuerdo con la presente realización, el tiempo de adición del polvo de carburo de tungsteno y continuación de mezcla y titulación es aproximadamente 20 horas. De acuerdo con otras realizaciones, Este tiempo puede ser inferior a 20 horas o superior a 20 horas.

Por ejemplo, FLOWLEN G-700 (fabricado por KYOEISHA CHEMICAL Co., LTD), SN Dispersant 9228 (fabricado por SAN NOPCO LIMITED), MALIALIM (marca registrada) AKM-0531 (fabricado por NOF CORPORATION) o KAOCER 8000 (fabricado por Kao Corporation) pueden usarse como dispersante a añadir a la mezcla. La cantidad de adición del dispersante es preferentemente no inferior al 1,5 % en masa y no superior al 3,5% en masa con respecto a la masa total de todos los polvos de materia prima y es del 2,0 % en masa según esta realización. De acuerdo con otras realizaciones, la cantidad de adición del dispersante puede ser inferior al 1,5 % en masa o puede ser superior al 3,5 % en masa.

Después de preparar la suspensión (proceso P120), el fabricante produce una mezcla en polvo a partir de la suspensión (proceso P130). Las respectivas partículas de alúmina, carburo de tungsteno y circonia se mezclan en la mezcla pulverulenta obtenida de la suspensión. De acuerdo con la presente realización, el fabricante calienta la suspensión en un baño de agua mientras desgasifica para eliminar el disolvente de la suspensión y posteriormente tamiza el polvo resultante obtenido al eliminar el disolvente de la suspensión para producir una mezcla pulverulenta.

Después de producir la mezcla en polvo (proceso P130), el fabricante fabrica una composición cerámica a partir de la mezcla en polvo mediante prensado en caliente (proceso P150). De acuerdo con la presente realización, en el proceso de prensado en caliente, el fabricante envasa la mezcla pulverulenta en un molde de carbón y calienta la mezcla pulverulenta bajo presión uniaxial. Como resultado, el fabricante obtiene una composición cerámica como cuerpo sinterizado de la mezcla en polvo.

Para el prensado en caliente se usan las siguientes condiciones (proceso P150) según esta realización:

- * temperatura de sinterización: 1750 °C
- * tiempo de sinterización: 2 horas
- * presión: 30 MPa (megapascuales)
- * gas atmosférico: argón (Ar)

La composición cerámica se completa con esta serie de procesos. Después del prensado en caliente (proceso P150), el fabricante puede terminar la forma y la superficie de la composición cerámica mediante al menos una técnica de procesamiento de corte, rectificado y pulido. El fabricante puede fabricar una herramienta de corte formada por la composición cerámica con el método de fabricación anterior.

Ejemplos

C. Ensayos de evaluación

Las tablas 1 y 2 son tablas que muestran los resultados de los ensayos de evaluación con respecto a las propiedades mecánicas, las propiedades térmicas y la durabilidad de las composiciones cerámicas. El examinador produjo una pluralidad de muestras como composiciones cerámicas y examinó la presencia o no de elementos de circonio (Zr) en los límites del grano, la relación de área $A/(A+B) \times 100$, las propiedades mecánicas, las propiedades térmicas y la durabilidad de las muestras respectivas.

El examinador detectó la presencia o no presencia del elemento Zr en los límites de grano de cada muestra mediante el siguiente procedimiento:

Etapa 1: El examinador cortó una pieza delgada cuadrada de 100 nm de cualquier parte arbitraria de cada muestra utilizando un sistema de haz de iones enfocado (sistema FIB) y observó cualquier superficie arbitraria de la pieza delgada por STEM para identificar el primer límite de grano 40 y el segundo límite de grano 50; y

5 Etapa 2: El examinador midió la concentración del elemento Zr en cinco ubicaciones seleccionadas de los límites de grano respectivos, es decir, el primer límite de grano 40 y el segundo límite de grano 50, de cada muestra como se describió anteriormente con referencia a la Fig. 2 por EDS, para detectar la presencia o no presencia del elemento Zr en los límites del grano.

10 El examinador determinó la relación de área $A/(A+B) \times 100$ de cada muestra mediante el siguiente procedimiento:

Etapa 1: El examinador observó cualquier superficie arbitraria de cada muestra sujeta a pulido de espejo y posterior grabado por SEM y seleccionó cinco regiones cuadradas de 10 μm de una imagen de la superficie tomada con un aumento de 10000 veces;

15 Etapa 2: El examinador calculó un área (A+B) ocupada por los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) y los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(B) en cada región seleccionada y un área A ocupada por los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) en la región seleccionada utilizando un programa de software de análisis de imágenes ("WinRoof" fabricado por MITANI CORPORATION); y

Etapa 3: El examinador dividió el área A por el área (A+B) para calcular la relación de área $A/(A+B) \times 100$.

20 Con respecto a las propiedades mecánicas de cada muestra, el examinador produjo una pieza de ensayo de cada muestra y determinó la resistencia a la flexión, la resistencia a la fractura y la dureza de la pieza de ensayo. La pieza de ensayo se formó en forma de un prisma que tenía una sección transversal rectangular y tenía unas dimensiones de 40 mm de longitud, 4 mm de ancho y 3 mm de grosor. Con respecto a la resistencia a la flexión, el examinador determinó la resistencia a la flexión de 3 puntos de cada muestra bajo la condición de una longitud de tramo (tramo) de 30 mm según los Patrones Industriales Japoneses (JIS) R 1601. Con respecto a la resistencia a la fractura, el examinador determinó un valor de resistencia a la fractura (factor de intensidad de estrés crítico) K_{IC} de cada muestra según el método IF (Fractura de Indentación) especificado en JIS R 1607. Con respecto a la dureza, El examinador determinó la dureza Vickers de cada muestra según JIS R 1610.

30 Con respecto a las propiedades térmicas de cada muestra, el examinador determinó el coeficiente de expansión térmica y la conductividad térmica. Con respecto al coeficiente de expansión térmica, el examinador determinó el coeficiente de expansión térmica de cada muestra a 600 °C según JIS R 1618. Con respecto a la conductividad térmica, el examinador determinó la conductividad térmica de cada muestra a temperatura ambiente según JIS R 1611.

35 Con respecto a la durabilidad de cada muestra, el examinador fabricó una herramienta de corte de cada muestra, realizó un ensayo de corte con la herramienta de corte y evaluó la herramienta de corte para determinar el estado de su filo y la pérdida de abrasión como la durabilidad. La herramienta de corte fabricada a partir de cada muestra tenía una forma especificada por un código "RCGX120700T01020" según JIS B 4120. Un material de trabajo para cortar en el ensayo de corte fue un producto moldeado hecho de inconel 718 ("inconel" es una marca registrada) y tenía una forma de disco perforado que tenía un diámetro exterior de 250 mm.

Para el ensayo de corte se usaron las siguientes condiciones:

- 45 * Velocidad de corte: 240 m/minuto, 360 m/minuto y 480 m/minuto
 * número de pases: 5 pases
 * longitud por pase: 200 mm
 * profundidad de corte: 1,0 mm
 * cantidad de alimentación: 0,2 mm/rotación
 50 * agua de enfriamiento: usado

Para evaluar la condición del estado de corte se usaron los siguientes criterios:

- 55 "círculo (bueno)": no fracturado sin descamación
 "triángulo (aceptable)": no fracturado con descamación
 "marca cruzada (pobre)": fracturado

Para evaluar la pérdida por abrasión se usaron los siguientes criterios:

- 60 "círculo (bueno)": pérdida de abrasión inferior a 0,6 mm
 "triángulo (aceptable)": pérdida de abrasión no inferior a 0,6 mm pero inferior a 1,0 mm
 "marca cruzada (pobre)": pérdida por abrasión no inferior a 1,0 mm
 "- (no evaluado): La pérdida por abrasión no se pudo evaluar, debido a la fractura del filo de corte.

65 **C1. Evaluación con respecto a la presencia o no de Zr en los límites de grano**

- Una muestra 1 era una composición cerámica producida por el método de fabricación de la Fig. 3 usando 55,0 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 5,0 % en volumen de polvo de circonia como materia prima. En la muestra 1, el polvo de alúmina tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,5 μm , el polvo de carburo de tungsteno tenía un tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm y el polvo de circonia tenía un tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm . Las imágenes respectivas de las Figs. 1 y 2 tienen la estructura de la muestra 1. La relación de área $A/(A+B)\times 100$ de la muestra 1 fue del 9,0 %. En la muestra 1, Zr se distribuyó tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50.
- Una muestra SC1 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1, excepto porque el polvo de circonia tenía un tamaño medio de partícula superior a aproximadamente 1,7 μm el tamaño medio de partícula de la materia prima de la muestra 1 y porque todas las materias primas se mezclaron y trituraron simultáneamente sin pulverización preliminar (proceso P110). La relación de área $A/(A+B)\times 100$ de la muestra SC1 fue del 10,5 %.
- Figs. 4A y 4B son diagramas que ilustran los límites de grano en la muestra SC1. Fig. 4A ilustra una imagen de un primer límite de grano 40 y un gráfico de la concentración del elemento Zr medida en la periferia del primer límite de grano 40 con respecto a la muestra SC1, como la Fig. 2. La abscisa del gráfico en la Fig. 4A corresponde a las posiciones B1, B2 y B3 en una línea recta que se cruza con el primer límite de grano 40. Fig. 4B ilustra una imagen de un segundo límite de grano 50 y un gráfico de la concentración del elemento Zr medida en la periferia del segundo límite de grano 50 con respecto a la muestra SC1, como la Fig. 2. La abscisa del gráfico en la Fig. 4B corresponde a las posiciones B4, B5 y B6 en una línea recta que se cruza con el segundo límite de grano 50. En la muestra SC1, Zr no se distribuyó ni en el primer límite de grano 40 ni en el segundo límite de grano 50.
- Una muestra SC2 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1, excepto porque todas las materias primas se mezclaron y trituraron simultáneamente sin pulverización preliminar (proceso P110). La relación de área $A/(A+B)\times 100$ de la muestra SC2 fue del 11,2 %.
- Figs. 5A y 5B son diagramas que ilustran los límites de grano en la muestra SC2. Fig. 5A ilustra una imagen de un primer límite de grano 40 y un gráfico de la concentración del elemento Zr medida en la periferia del primer límite de grano 40 con respecto a la muestra SC2, como la Fig. 2. La abscisa del gráfico en la Fig. 5A corresponde a las posiciones C1, C2 y C3 en una línea recta que se cruza con el primer límite de grano 40. Fig. 5B ilustra una imagen de un segundo límite de grano 50 y un gráfico de la concentración del elemento Zr medida en la periferia del segundo límite de grano 50 con respecto a la muestra SC2, como la Fig. 2. La abscisa del gráfico en la Fig. 5B corresponde a las posiciones C4, C5 y C6 en una línea recta que se cruza con el segundo límite de grano 50. En la muestra SC2, Zr se distribuyó en el primer límite de grano 40 pero no se distribuyó en el segundo límite de grano 50.
- Volviendo a la Tabla 1, con respecto a las propiedades mecánicas de la muestra 1, la muestra SC1 y la muestra SC2, la resistencia a la flexión de la muestra 1 no era inferior al doble de la resistencia a la flexión de la muestra SC1 y no era inferior a 1,6 veces la resistencia a la flexión de la muestra SC2. Las muestras respectivas eran sustancialmente equivalentes en las otras propiedades mecánicas, es decir, resistencia a la fractura y dureza. Las muestras respectivas, es decir, la muestra 1, la muestra SC1 y la muestra SC2, también eran sustancialmente equivalentes en las propiedades térmicas (coeficiente de expansión térmica y conductividad térmica).
- El ensayo de corte de la muestra 1 no causó fractura ni descamación a ninguna velocidad de corte, y la pérdida por abrasión fue inferior a 0,6 mm. El ensayo de corte de las muestras SC1 y SC2, por otro lado, causó fracturas a cualquier velocidad de corte.
- Los resultados de la resistencia a la flexión y el ensayo de corte con respecto a la muestra 1, la muestra SC1 y la muestra SC2 pueden atribuirse a que Zr distribuido en el primer límite de grano 40 y en el segundo límite de grano 50 aumenta la fuerza de unión entre los granos de cristal en cada límite de grano.
- La comparación entre la muestra 1, la muestra SC1 y la muestra SC2 muestra que el tamaño de partícula del polvo de circonia como materia prima afecta la presencia o no de Zr en el primer límite de grano 40. El uso de polvo de circonia que tiene un tamaño de partícula excesivamente grande como materia prima no produce distribución de Zr en el primer límite de grano 40, como la muestra SC1. En consecuencia, para distribuir Zr en el primer límite de grano 40, es preferente que el tamaño medio de partícula del polvo de circonia como una materia prima sea sustancialmente similar al tamaño medio de partícula del polvo de carburo de tungsteno como otra materia prima.
- La comparación entre la muestra 1, la muestra SC1 y la muestra SC2 también muestra que la pulverización preliminar (proceso P110) en el proceso de fabricación afecta la presencia o no de Zr en el segundo límite de grano 50. Cuando no se realiza la pulverización preliminar (proceso P110), Zr no se distribuye en el segundo límite de grano 50, como las muestras SC1 y SC2. En consecuencia, para distribuir Zr en el segundo límite de grano 50, es preferente realizar la pulverización preliminar (proceso P110) en el proceso de fabricación. La pulverización preliminar (proceso P110) permite que la circonia como fuente de suministro del elemento Zr sea más fina y se distribuya homogéneamente. Esto da como resultado la difusión y distribución de Zr en el segundo límite de grano

50.

2. Evaluación de la cantidad de adición de dispersante y relación de área $A/(A+B) \times 100$

5 Las muestras 2 a 6 y las muestras SC3 a SC6 mostradas en la Tabla 1 eran composiciones cerámicas producidas de la misma manera que la muestra 1, excepto porque se añadieron diferentes cantidades del dispersante durante la fabricación. La cantidad de adición del dispersante varió desde el mínimo de 0,1 % en masa de la muestra SC3 hasta el máximo de 3,5 % en masa de la muestra 6, relativo al 2,0 % en masa de la muestra 1. En las muestras 2 a 6 y las muestras SC3 a SC6, Zr se distribuyó tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50.

15 Fig. 6 es un gráfico que muestra la relación entre la cantidad de adición de un dispersante y la viscosidad de una suspensión, con la cantidad de adición del dispersante como abscisa y la viscosidad de la suspensión como ordenada. La viscosidad de la suspensión producida al mezclar polvos de materia prima de una composición cerámica disminuye bruscamente al añadir dispersante (estado S1). En el caso de aumentar la cantidad de adición del dispersante respecto a la cantidad en el estado S1, la viscosidad de la suspensión disminuye gradualmente hasta su mínimo (estado S2). En el caso de aumentar aún más la cantidad de adición del dispersante respecto a la cantidad en el estado S2, la viscosidad de la suspensión aumenta gradualmente con un aumento de la cantidad del dispersante (estado S3).

20 Fig. 7 es un diagrama que ilustra esquemáticamente la variación del estado de la suspensión con una variación de la cantidad de adición del dispersante. Una imagen en el lado izquierdo de la Fig. 7 ilustra esquemáticamente la suspensión en el estado S1 de la Fig. 6. Una imagen en el centro de la Fig. 7 ilustra esquemáticamente la suspensión en el estado S2 de la Fig. 6. Una imagen en el lado derecho de la Fig. 7 ilustra esquemáticamente la suspensión en el estado S3 de la Fig. 6.

30 En la suspensión del estado S1, algunas de las partículas 150 que se originan a partir de los polvos de materia prima se dispersan en estado agregado en un disolvente 110. En la suspensión del estado S2, las partículas individuales 150 que se originan a partir de los polvos de materia prima se dispersan en el disolvente 110 en el estado sustancialmente separado por la acción del dispersante. En la suspensión del estado S3, algunas de las partículas 150 separadas individualmente por la acción del dispersante se dispersan en el disolvente 110 en el estado re-agregado mediante reticulación de las moléculas de dispersante.

35 En las muestras SC3 y SC4 que tienen la cantidad de adición del dispersante de 0,1 a 0,3 % en masa, la suspensión estaba en el estado S1. En las muestras SC5 y SC6 que tienen la cantidad de adición del dispersante de 0,8 a 1,0 % en masa, la suspensión estaba en el estado S2. En las muestras 1 a 6 que tienen la cantidad de adición del dispersante de 1,5 a 3,5 % en masa, la suspensión estaba en el estado S3.

40 Figs. 8A y 8B son diagramas que ilustran la estructura de la muestra SC3. Una imagen mostrada en la Fig. 8A es una imagen SEM de una superficie arbitraria de la muestra SC3, como la imagen de la Fig. 1. Una imagen mostrada en la Fig. 8B es una representación esquemática de los granos de cristal mostrados en la imagen de la Fig. 8A. La muestra SC3 que se muestra en la Fig. 8 tiene una proporción menor de los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) que en la muestra 1 que se presenta en la Fig. 1.

45 Figs. 9A y 9B son diagramas que ilustran la estructura de la muestra 4. Una imagen mostrada en la Fig. 9A es una imagen SEM de una superficie arbitraria de la muestra 4, como la imagen de la Fig. 1. Una imagen mostrada en la Fig. 9B es una representación esquemática de los granos de cristal mostrados en la imagen de la Fig. 9A. La muestra 4 presentada en la Fig. 9 tiene una proporción más alta de los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) que la de la muestra mostrada en la Fig. 1.

50 En todas las muestras 2 a 6 que tienen la relación de área $A/(A+B) \times 100$ de 1,5 a 50,0 %, el ensayo de corte no causó fractura ni descamación a ninguna velocidad de corte, y la pérdida por abrasión fue inferior a 0,6 mm, como la muestra 1. En las muestras SC3 y SC4 que tienen la relación de área $A/(A+B) \times 100$ de menos del 1,5 %, por otro lado, los ensayos de corte de velocidad relativamente baja (velocidades de corte de 240 m/minuto y 360 m/minuto) con una resistencia de corte relativamente alta causaron fracturas, mientras que el ensayo de corte de velocidad relativamente alta (velocidad de corte de 480 m/minuto) causó descamación y aumentó la pérdida por abrasión en comparación con las de las muestras 1 a 6. Estos resultados pueden atribuirse a la resistencia a la flexión insuficiente, que resulta de la aceleración del crecimiento de grano de alúmina en las muestras SC3 y SC4 que tienen una relación de área $A/(A+B) \times 100$ de menos del 1,5 % y de un refuerzo insuficiente de los granos de cristal por la tensión residual de compresión que ocurre en los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) rodeados de alúmina y/o circonia que tienen los coeficientes de expansión térmica relativamente altos.

65 En las muestras SC5 y SC6 que tienen una relación de área $A/(A+B) \times 100$ superior al 50,0 %, los ensayos de corte de velocidad relativamente alta (velocidades de corte de 360 m/minuto y 480 m/minuto) con temperatura relativamente alta causaron fracturas, mientras que el ensayo de corte de velocidad relativamente baja (velocidad de corte de 240 m/minuto) causó descamación y aumentó la pérdida de abrasión en comparación con las de las

muestras 1 a 6. Estos resultados pueden atribuirse a la conductividad térmica insuficiente, que resulta de una mejora insuficiente de la conducción térmica por la vía de conducción térmica formada por la unión de los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(B).

- 5 En consecuencia, en términos de lograr el refuerzo de los granos de cristal por los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(A) simultáneamente con la mejora de la conducción térmica por parte de los granos de cristal de carburo de tungsteno 20(B), es preferente que la relación entre el área de sección transversal A del grano de cristal de carburo de tungsteno 20(A) y el área de sección transversal B del grano de cristal de carburo de tungsteno 20(B) satisfaga $1,5 \leq A/(A+B) \times 100 \leq 50,0$. Además, en términos de facilitar el ajuste de la relación de área $A/(A+B) \times 100$,
10 es preferente que la cantidad de adición del dispersante sea mayor que la cantidad especificada para hacer la suspensión en el estado S2.

C3. Evaluación sobre la cantidad de carburo de tungsteno

- 15 Las muestras 7 a 9 y las muestras SC7 a SC9 mostradas en la Tabla 2 eran composiciones cerámicas producidas de la misma manera que la muestra 1, excepto diferentes cantidades de alúmina y carburo de tungsteno. Una muestra SC10 mostrada en la Tabla 2 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1, excepto diferentes cantidades de alúmina y carburo de tungsteno como materias primas y la temperatura de sinterización de 1800 °C. La cantidad de carburo de tungsteno se varió desde el mínimo de 10,0 % en volumen de la muestra SC7 hasta el máximo de 60,0 % en volumen de la muestra SC10, relativo al 40,0 % en volumen de la muestra 1. En las muestras 7 a 9 y las muestras SC7 a SC10, Zr se distribuyó tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50, y la relación de área $A/(A+B) \times 100$ fue de 3,9 a 48,0 %.

- 25 En todas las muestras 7 a 9 que tienen una cantidad de carburo de tungsteno de 20,0 a 50,0 % en volumen, el ensayo de corte no causó fractura ni descamación a ninguna velocidad de corte, y la pérdida por abrasión fue inferior a 0,6 mm, como la muestra 1. En las muestras SC7 y SC8 que tienen una cantidad de carburo de tungsteno inferior al 20,0 % en volumen, por otro lado, el ensayo de corte causó fractura o descamación y aumentó la pérdida de abrasión en comparación con las de las muestras 1 y 7 a 9. Estos resultados pueden atribuirse a que la cantidad insuficiente de carburo de tungsteno causa resistencia a la flexión insuficiente, dureza insuficiente y conductividad
30 térmica insuficiente.

- En las muestras SC9 y SC10 que tienen una cantidad de carburo de tungsteno superior al 50,0 % en volumen, independientemente de sus propiedades mecánicas y propiedades térmicas relativamente mejores, el ensayo de corte causó fractura o descamación y aumentó la pérdida de abrasión en comparación con las de las muestras 1 y 7 a 9. Estos resultados pueden atribuirse a que la cantidad excesiva de carburo de tungsteno hace que el carburo de tungsteno sea más susceptible a la reacción química de convertir el carburo de tungsteno en una sustancia relativamente frágil (por ejemplo, óxido de tungsteno (WO_3)) y reduce la resistencia a la reacción de toda la composición cerámica.

- 40 En consecuencia, en términos de mejora de propiedades mecánicas, propiedades térmicas y resistencia a la reacción, es preferente que el carburo de tungsteno ocupe no menos del 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen en la composición cerámica.

C4. Evaluación de la cantidad de circonia

- 45 Una muestra 10 y una muestra SC11 mostrada en la Tabla 2 eran composiciones cerámicas producidas de la misma manera que la muestra 1, excepto diferentes cantidades de alúmina y circonia. Las muestras 11 y 12 y las muestras SC12 y SC 13 mostradas en la Tabla 2 eran composiciones cerámicas producidas de la misma manera que la muestra 1, excepto diferentes cantidades de polvo de alúmina y polvo de circonia como materias primas y la temperatura de sinterización de 1700 °C. La cantidad de circonia varió desde el mínimo de 0,05 % en volumen de la muestra SC11 hasta el máximo de 25,0 % en volumen de la muestra SC13, relativo al 5,0 % en volumen de la muestra 1. En las muestras 10 a 12 y las muestras SC12 y SC13, Zr se distribuyó tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50, y la relación de área $A/(A+B) \times 100$ fue de 8,5 a 12,2 %. En la muestra SC11, sin embargo, Zr no se distribuyó en el primer límite de grano 40 ni en el segundo límite de grano 50, y la relación de área $A/(A+B) \times 100$ fue del 8,2 %.

- 60 En todas las muestras 10 a 12 que tienen una cantidad de circonia de 0,1 a 18,0 % en volumen, el ensayo de corte no causó fractura ni descamación a ninguna velocidad de corte, y la pérdida por abrasión fue inferior a 0,6 mm, como la muestra 1. En la muestra S11 que tiene una cantidad de circonia inferior al 0,1 % en volumen, por otro lado, el ensayo de corte causó fracturas a cualquier velocidad de corte. Este resultado puede atribuirse a que la cantidad insuficiente de circonia provoca una falla en la distribución de Zr en cualquiera del primer límite de grano 40 y el segundo límite de grano 50.

- 65 En las muestras SC12 y SC13 que tienen una cantidad de circonio de 18.5 a 25.0 % en volumen, el ensayo de corte causó fractura o descamación y aumentó la pérdida de abrasión en comparación con las de las muestras 1 y 10 a 12. Estos resultados pueden atribuirse a que la cantidad excesiva de circonia provoca una dureza insuficiente y una

conductividad térmica insuficiente y aumenta el coeficiente de expansión térmica.

C5. Comparación con la composición cerámica de tipo filamento

5 Una muestra SC14 que se muestra en la Tabla 2 era una herramienta de corte disponible comercialmente ("WA1" fabricada por NGK SPARK PLUG CO., LTD.) formada por una composición cerámica de tipo filamento. El ensayo de corte de la muestra 1 no causó fractura ni descamación a ninguna velocidad de corte, y la pérdida por abrasión fue inferior a 0,6 mm. En la muestra SC14, por otro lado, los ensayos de corte de velocidad relativamente alta (velocidades de corte de 360 m/minuto y 480 m/minuto) con temperatura relativamente alta causaron fracturas, mientras que el ensayo de corte de velocidad relativamente baja (velocidad de corte de 240 m/minuto) causó descamación y aumentó la pérdida de abrasión en comparación con la de la muestra 1. Como se entiende claramente por la comparación entre la muestra 1 y la muestra SC14, distribuir Zr tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50 mejora la durabilidad de la composición cerámica basada en alúmina/carburo de tungsteno/circonia para que sea mejor que la de la composición cerámica de tipo filamento.

15

D. Otras realizaciones

La invención no se limita a ninguna de las realizaciones, ejemplos y modificaciones descritas anteriormente, pero pueden realizarse mediante una diversidad de otras configuraciones sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, las características técnicas de las realizaciones, ejemplos o modificaciones correspondientes a las características técnicas de los aspectos respectivos descritos en el Sumario pueden ser reemplazados o combinados adecuadamente, para resolver parte o la totalidad de los problemas descritos anteriormente o para lograr parte o la totalidad de los efectos ventajosos descritos anteriormente. Cualquiera de las características técnicas puede omitirse adecuadamente a menos que la característica técnica se describa como esencial en este documento.

20

La técnica empleada para distribuir eficazmente el circonio (Zr) en los límites de grano de la composición cerámica no se limita a la pulverización preliminar (proceso P110) de la realización descrita anteriormente, sino que puede ser cualquiera de las siguientes técnicas:

25

* técnica de forma complejos de partículas mediante fuerza de compresión y fuerza de cizalladura (técnica de procesamiento de polvo, por ejemplo, utilizando Nobilta (marca registrada) fabricado por Hosokawa Micron Corporation);

* técnica de procesamiento de polvo utilizando un molino de bolas; y

30

* técnica que utiliza circonia de partículas ultrafinas producida con el método de alcóxido.

Cualquiera de estas técnicas permite que la circonia como fuente de suministro del elemento Zr sea más fina y se disperse homogéneamente. Esto da como resultado la difusión y distribución de Zr en los límites de grano de la composición cerámica.

35

El elemento agregado para mejorar la fuerza de unión en los límites de grano de la composición cerámica no se limita al circonio (Zr) de la realización descrita anteriormente, sino que puede ser cualquiera de los siguientes elementos:

40

* metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 (excepto tungsteno (W)) en la tabla periódica;

* itrio (Y);

* escandio (Sc); y

* serie lantánida (cualquier elemento de números atómicos 57 a 71; europio (Eu) e iterbio (Yb) son especialmente preferentes).

45

Un componente de la composición cerámica no se limita a la circonia (ZrO_2) de la realización descrita anteriormente, sino que puede ser al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en compuestos de metales de transición que pertenecen a los grupos 4 a 6 (excepto tungsteno (W)) en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos. En otras palabras, la composición cerámica puede estar compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 (excepto tungsteno (W)) en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos, junto con impurezas inevitables que son al menos una de hierro, cromo, cobalto y níquel en una cantidad no superior al 0,1 % en masa. En esta composición cerámica, al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 (excepto tungsteno (W)) en la tabla periódica, itrio (Y), escandio (Sc) y la serie lantánida pueden distribuirse en un primer límite de grano como una interfaz donde una alúmina (Al_2O_3) grano de cristal es adyacente a un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) y en un segundo límite de grano como una interfaz donde dos granos de cristal de alúmina (Al_2O_3) son adyacentes entre sí (en la descripción a continuación, el elemento distribuido en el primer límite de grano y en el segundo límite de grano también se llama "elemento adicional", y el compuesto de este elemento también se llama "compuesto de elemento adicional"). La distribución de circonio es medible como se describe en este documento. De acuerdo con la presente

50

55

60

65

realización, el elemento adicional distribuido en el primer límite de grano y en el segundo límite de grano mejora la fuerza de unión entre los granos de cristal en cada límite de grano. En consecuencia, esto mejora las propiedades mecánicas de la composición cerámica basada en carburo de alúmina/tungsteno y mejora su durabilidad. $A/(A + B)$ se determina como se describe en este documento.

5 En una sección transversal de la composición cerámica usando el compuesto de elemento adicional para mejorar la fuerza de unión en el límite del grano, es preferente que la relación entre un área de sección transversal A de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) que no sea adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) pero esté rodeada por al menos un tipo de granos de cristal seleccionados del grupo que consiste de alúmina (Al_2O_3), compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 (excepto tungsteno (W)) en la tabla
10 periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos y un área de sección transversal B de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) satisface $1,5 \leq A/(A+B) \times 100 \leq 50,0$.

15 En la composición cerámica que utiliza el compuesto de elemento adicional para mejorar la fuerza de unión en el límite del grano, es preferente que el carburo de tungsteno (WC) ocupe una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, un compuesto de circonio ocupa una parte no inferior a 0,1 % en volumen y no superior a 18,0 % en volumen, y alúmina (Al_2O_3) ocupa una parte residual. En la composición cerámica que utiliza el compuesto de elemento adicional para mejorar la fuerza de unión en el límite del grano, es preferente que el carburo
20 de tungsteno (WC) ocupe una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, un compuesto de circonio ocupa una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 18,0 % en volumen, cualquiera de los compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 (excepto circonio (Zr) y tungsteno (W)) en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos ocupan una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 1,0 % en volumen, y alúmina (Al_2O_3) ocupa una parte
25 residual. En la composición cerámica que usa el compuesto de elemento adicional para mejorar la fuerza de unión en el límite del grano y no contiene sustancialmente ningún compuesto de circonio, es preferente que el carburo de tungsteno (WC) ocupe una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, cualquiera de los compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 (excepto circonio (Zr) y tungsteno (W)) en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos ocupan una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 1,0 % en volumen, y alúmina (Al_2O_3) ocupa una parte residual. Cuando
30 el contenido del compuesto del elemento adicional supera el 1,0 % en volumen, la solución sólida del elemento adicional en carburo de tungsteno (WC) deteriora las propiedades de la composición cerámica. El compuesto del elemento adicional en el presente documento significa cualquiera de los óxidos del elemento adicional, carburos del elemento adicional, nitruros de los elementos adicionales, carbonitruros de los elementos adicionales y combinaciones de los mismos.
35

La Tabla 3 es una tabla que muestra los resultados de los ensayos de evaluación con respecto a las propiedades mecánicas, las propiedades térmicas y la durabilidad de las composiciones cerámicas. El examinador produjo una pluralidad de muestras 13, 14, 15, 16, 17, SC15 y SC16 como composiciones cerámicas y examinó varias
40 propiedades de las muestras respectivas de la misma manera que los ensayos de evaluación de las Tablas 1 y 2. La muestra 13 es idéntica a la muestra 1 de las Tablas 1 y 2 e incluye polvo de circonia como componente adicional.

Una muestra 14 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,5 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 0,5 % en volumen de óxido de itrio (Y_2O_3) polvo como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra 14 era polvo de óxido de itrio (Y_2O_3). En la muestra 14, el polvo de óxido de itrio tenía un tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,8 μm . En la muestra 14, el elemento Y se distribuyó como un elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra 14 fue del 10,1 %.
50

Una muestra 15 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 14, excepto porque se usó 0,5 % en volumen de polvo de óxido de niobio (Nb_2O_5) como compuesto del elemento adicional. En la muestra 15, el polvo de óxido de niobio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm . En la muestra 15, el elemento Nb se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano
55 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra 15 fue del 9,2 %.

Una muestra 16 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 14, excepto porque se usó 0,5 % en volumen de polvo de óxido de cromo (Cr_2O_3) como compuesto del elemento adicional. En la muestra 16, el polvo de óxido de cromo tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,1 μm . En la muestra 16, el elemento Cr se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano
60 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra 16 fue del 11,1 %.

Una muestra 17 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 14, excepto porque se utilizaron 0,25 % en volumen de polvo de circonia y 0,25 % en volumen de polvo de óxido de itrio como compuestos de elementos adicionales. En la muestra 17, el polvo de circonia tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm , y el polvo de óxido de itrio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7
65

µm. En la muestra 17, el elemento Zr y el elemento Y se distribuyeron como elementos componentes adicionales tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra 17 fue del 10,6 %.

5 Una muestra SC 15 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 14, excepto porque se usó 0,5 % en volumen de polvo de óxido de hierro (Fe_2O_3) como compuesto del elemento adicional. En la muestra SC15, el polvo de óxido de hierro tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,9 µm. En la muestra SC15, el elemento Fe se distribuyó como elemento componente adicional ni en el primer límite de grano 40 ni en el segundo límite de grano 50. Este resultado puede atribuirse al fracaso de difundir uniformemente el elemento Fe en el límite del grano causado por la segregación del elemento Fe como una fase líquida durante la sinterización y por la reacción del elemento Fe con otro componente adicional para producir un compuesto. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra SC15 fue del 10,0 %.

15 Una muestra SC 16 era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 14, excepto porque se usó 0,5 % en volumen de polvo de óxido de calcio (CaO) como compuesto del elemento adicional. En la muestra SC16, el polvo de óxido de calcio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,1 µm. En la muestra SC16, el elemento Ca se distribuyó como elemento componente adicional ni en el primer límite de grano 40 ni en el segundo límite de grano 50. Este resultado puede atribuirse al fracaso de difundir uniformemente el elemento Ca en el límite de grano causado por la segregación del elemento Ca como una fase líquida durante la sinterización y por reacción del elemento Ca con otro componente adicional para producir un compuesto. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra SC16 fue del 10,0 %.

25 En las muestras 14 a 17, cada elemento componente adicional seleccionado se distribuyó tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50, como la muestra 13. Las muestras 14 a 17 eran equivalentes a la muestra 13 en propiedades básicas (por ejemplo, resistencia a la flexión y tenacidad a la fractura). Los ensayos de corte de las muestras respectivas 14 a 17 en consecuencia tuvieron buenos resultados como los de la muestra 13.

30 En las muestras SC15 y SC16, por otro lado, cada elemento componente adicional seleccionado no se distribuyó en el primer límite de grano 40 ni en el segundo límite de grano 50. Las muestras SC15 y SC16 tenían una resistencia a la flexión no superior a dos tercios de la resistencia a la flexión de las muestras 13 a 17. Los ensayos de corte de las muestras SC15 y SC16 causaron fracturas a cualquier velocidad de corte.

35 De acuerdo con los resultados de los ensayos de evaluación de la Tabla 3, en términos de mejorar la durabilidad de la composición cerámica, es preferente que al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en circonio (Zr), metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 en la tabla periódica, itrio (Y), escandio (Sc) y serie lantánida se distribuya en el primer límite de grano 40 y en el segundo límite de grano 50.

40 La Tabla 4 es una tabla que muestra los resultados de los ensayos de evaluación con respecto a las propiedades mecánicas, las propiedades térmicas y la durabilidad de las composiciones cerámicas. El examinador produjo una pluralidad de muestras A, B, C, D, E, F, G, H, I y X como composiciones cerámicas y examinó varias propiedades de las muestras respectivas de la misma manera que los ensayos de evaluación de las Tablas 1 y 2.

45 Una muestra A era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,0 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 1,0 % en volumen de polvo de circonia como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra A era polvo de circonia. En la muestra A, el polvo de circonia tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 µm. En la muestra A, el elemento Zr se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra A fue del 8,6 %.

50 Una muestra B era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 58,3 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 1,7 % en volumen de polvo de circonia como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra B fue polvo de circonia. En la muestra B, el polvo de circonia tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 µm. En la muestra B, el elemento Zr se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra B fue del 8,6 %.

60 Una muestra C era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 50,0 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 10,0 % en volumen de polvo de circonia como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra C era polvo de circonia. En la muestra C, el polvo de circonia tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 µm. En la muestra C, el elemento Zr se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra C fue del 9,3 %.

65 Una muestra D era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,5 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 0,5 % en volumen de polvo de carburo de titanio (TiC) como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra D era polvo de

carburo de titanio. En la muestra D, el polvo de carburo de titanio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,8 μm . En la muestra D, el elemento titanio (Ti) se distribuyó como elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra D fue del 10,3 %.

5 Una muestra E era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,5 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 0,5 % en volumen de polvo de carburo de vanadio (VC) como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra E fue polvo de carburo de vanadio. En la muestra E, el polvo de carburo de vanadio tenía un tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,2 μm . En la muestra E, el elemento vanadio (V) se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra E fue del 10,9 %.

15 Una muestra F era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,5 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 0,5 % en volumen de polvo de dicarburo de tricromo (Cr_3C_2) como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra F era polvo de dicarburo de tricromo. En la muestra F, el polvo de dicloruro de tricromo tenía un tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,0 μm . En la muestra F, el elemento cromo (Cr) se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra F fue del 12,0 %.

25 Una muestra G era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,5 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 0,5 % en volumen de polvo de carburo de circonio (ZrC) como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra G fue polvo de carburo de circonio. En la muestra G, el polvo de carburo de circonio tenía un tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,1 μm . En la muestra G, el elemento circonio (Zr) se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra G fue del 10,5 %.

30 Una muestra H era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra 1 usando 59,5 % en volumen de polvo de alúmina, 40,0 % en volumen de polvo de carburo de tungsteno y 0,5 % en volumen de polvo de carburo de niobio (NbC) como materia prima. El compuesto del elemento adicional de la muestra H era polvo de carburo de niobio. En la muestra H, el polvo de carburo de titanio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,0 μm . En la muestra H, el elemento niobio (Nb) se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra H fue del 11,3 %.

40 Una muestra I era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra H, excepto porque se usaron 0,25 % en volumen de polvo de circonia (ZrO_2) y 0,25 % en volumen de polvo de carburo de circonio (ZrC) como compuestos del elemento adicional. En la muestra I, el polvo de circonia tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,7 μm , y el polvo de carburo de circonio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 1,1 μm . En la muestra I, el elemento circonio (Zr) se distribuyó como el elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra I fue del 9,9 %.

45 Una muestra X era una composición cerámica producida de la misma manera que la muestra H, excepto porque se usó 0,5 % en volumen de polvo de óxido de magnesio (MgO) como compuesto del elemento adicional. En la muestra X, el polvo de óxido de magnesio tenía el tamaño medio de partícula de aproximadamente 0,8 μm . En la muestra X, el elemento magnesio (Mg) se distribuyó como elemento componente adicional tanto en el primer límite de grano 40 como en el segundo límite de grano 50. La relación de área $A/(A+B) \times 100$ de la muestra X fue del 9,6 %.

Los ensayos de corte de las muestras respectivas A a I tuvieron buenos resultados a cualquier velocidad de corte. El ensayo de corte de la muestra X causó fracturas a cualquier velocidad de corte.

55 De acuerdo con los resultados de la evaluación de las muestras 1 a 12 y las muestras A, B y C, en términos de proporcionar resistencia a la fractura, el contenido de circonia (ZrO_2) como componente adicional es más preferentemente no inferior a

60 1,0 % en volumen y no superior a 15,0 % en volumen y además es preferentemente no inferior al 1,7 % en volumen y no superior al 10,0 % en volumen.

65 Al menos parte de los granos de cristal de circonio 30 en la composición cerámica puede ser carburo de circonio (ZrC) convertido de circonia (ZrO_2) por carbonización o puede ser una solución sólida de ZrO_2 y ZrC. En otras palabras, la composición cerámica puede estar compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y un compuesto de circonio (por ejemplo, al menos uno de ZrO_2 y ZrC).

Lista de signos de referencia

10	Grano de cristal de alúmina
20	Grano de cristal de carburo de tungsteno
30	Grano de cristal de circonia
40	Primer límite de grano
50	Segundo límite de grano
110	Disolvente
150	Partícula

Tablas

- 5 Las tablas 1, 2, 3 y 4 son tablas que muestran los resultados de los ensayos de evaluación con respecto a las propiedades mecánicas, las propiedades térmicas y la durabilidad de las composiciones cerámicas.

Tabla 1

Muestra	Composición			Temp. de sinterización	Elemento Zr en el límite de grano		Relación de área a la flexión	Resistencia a la fractura	Dureza Vickers	Coeficiente de expansión térmica a 600 °C	Conductividad térmica a temperatura ambiente	Ensayo de corte 240 m/min 5 pases		Ensayo de corte 360 m/min 5 pases		Ensayo de corte 480 m/min 5 pases						
	Al ₂ O ₃	WC	ZrO ₂		Al ₂ O ₃ /WC	P/NP**						A/(A+B) x 100	K _{IC}	MPa·m ^{0,5}	ppm/K	W/(m·K)	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión
	vol%	vol%	vol%		Al ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	P/NP**						%	MPa	MPa·m ^{0,5}	ppm/K	W/(m·K)	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x
1	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	P**	9,0	1810	4,6	22,2	6,4	34,4	O	O	O					
SC1	55,0	40,0	5,0	1,7	NP**	2,0	1750	NP**	10,5	890	4,4	22,5	6,4	34,1	x	-	-					
SC2	55,0	40,0	5,0	0,7	NP**	2,0	1750	P**	11,2	1100	4,5	22,4	6,5	33,0	x	-	-					
SC3	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	0,1	1750	P**	0,3	1100	4,7	22,3	6,4	35,6	x	-	Δ					
SC4	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	0,3	1750	P**	1,4	1490	4,7	22,4	6,4	35,2	x	-	Δ					
2	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	1,5	1750	P**	50,0	1840	4,4	23,1	6,4	34,0	O	O	O					
3	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	1,6	1750	P**	49,0	1840	4,5	22,9	6,4	34,2	O	O	O					
4	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	1,8	1750	P**	21,0	1850	4,5	22,8	6,3	34,3	O	O	O					
1	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	P**	9,0	1810	4,6	22,6	6,4	34,4	O	O	O					
5	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	2,5	1750	P**	2,0	1790	4,7	22,3	6,3	34,5	O	O	O					
6	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	3,5	1750	P**	1,5	1630	4,7	22,4	6,3	34,9	O	O	O					
SC5	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	0,8	1750	P**	50,5	1830	4,4	23,1	6,3	31,5	Δ	Δ	-					
SC6	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	1,0	1750	P**	56,7	1850	4,3	23,3	6,3	31,0	Δ	x	-					

Cantidad de dispersante añadido
 Temp. de sinterización
 Pulverización preliminar

P/NP* : *Realizado/ No Realizado
 P** : **Realizado
 NP** : **No Realizado

P/NP** : **Presente/ No Presente
 P** : **Presente
 NP** : **No Presente

Tabla 2

P/NP* : *Realizado/ No Realizado P/NP** : **Presente/ No Presente
 P* : *Realizado P** : **Presente
 NP** : **No Presente

Muestra	Composición			Temp. de sinterización	Cantidad de dispersante añadido		Elemento Zr en el límite de grano	Relación de área de Al ₂ O ₃ / A/(A+B) x 100	Resistencia a la flexión	Resistencia a la fractura	Dureza	Coeficiente de expansión térmica a 600 °C	Conductividad térmica a temperatura ambiente	Ensayo de corte 240 m/min 5 pases		Ensayo de corte 360 m/min 5 pases		Ensayo de corte 480 m/min 5 pases						
	Al ₂ O ₃	WC	ZrO ₂		Al ₂ O ₃ /WC	P/NP**								Al ₂ O ₃ /A/(A+B) x 100	K _{IC}	Vickers	ppm/K	W/(m·K)	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión
	vol%	vol%	vol%		P/NP**	°C								% en peso	MPa	MPa·m ^{0.5}	GPa	ppm/K	W/(m·K)	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x
SC7	85,0	10,0	5,0	0,7	P*	2,0	1700	48,0	1210	4,0	20,4	7,1	28,9	Δ	x	Δ	x	-						
SC8	76,0	19,0	5,0	0,7	P*	2,0	1700	35,6	1480	4,1	20,8	6,9	30,9	Δ	x	Δ	Δ	Δ						
7	75,0	20,0	5,0	0,7	P*	2,0	1700	35,0	1650	4,2	21,3	6,8	31,8	O	O	O	O	O						
8	65,0	30,0	5,0	0,7	P*	2,0	1700	14,9	1790	4,4	21,9	6,5	33,3	O	O	O	O	O						
1	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	9,0	1810	4,6	22,2	6,4	34,4	O	O	O	O	O						
9	45,0	50,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	5,0	1940	5,0	23,5	6,2	35,9	O	O	O	O	O						
SC9	44,0	51,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	4,7	1940	5,1	23,6	6,3	36,1	Δ	O	Δ	Δ	Δ						
SC10	35,0	60,0	5,0	0,7	P*	2,0	1800	3,9	1950	5,4	23,8	6,0	38,0	Δ	Δ	Δ	x	-						
SC11	59,95	40,0	0,05	0,7	P*	2,0	1750	8,2	1010	4,2	22,9	6,3	34,9	x	x	x	x	x						
10	59,9	40,0	0,1	0,7	P*	2,0	1750	8,5	1610	4,4	23,0	6,3	34,9	O	O	O	O	O						
1	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	9,0	1810	4,6	22,2	6,4	34,4	O	O	O	O	O						
11	45,0	40,0	15,0	0,7	P*	2,0	1700	9,6	1920	4,8	21,1	6,8	33,1	O	O	O	O	O						
12	42,0	40,0	18,0	0,7	P*	2,0	1700	10,1	1910	5,0	21,0	6,9	32,6	O	O	O	O	O						
SC12	41,5	40,0	18,5	0,7	P*	2,0	1700	11,3	1900	5,0	20,9	7,0	31,2	Δ	Δ	Δ	x	x						
SC13	35,0	40,0	25,0	0,7	P*	2,0	1700	12,2	1850	6,0	20,5	7,2	26,5	Δ	x	Δ	x	-						
1	55,0	40,0	5,0	0,7	P*	2,0	1750	9,0	1810	4,6	22,2	6,4	34,4	O	O	O	O	O						
SC14	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	5,2	20,3	6,8	31,7	Δ	x	-	x	-						

Tabla 4

Muestra	Composición		Temp. de sinterización	Cantidad de dispersante añadido	Pulverización preliminar	Temp. de sinterización	Componente Adicional Elemento Zr en el límite de grano		Relación de área a la flexión	Resistencia a la fractura	Dureza Vickers	Coeficiente de expansión térmica a 600 °C ppm/K	Conductividad térmica a temperatura ambiente W/(m·K)	Ensayo de corte 240 m/min 5 pases		Ensayo de corte 360 m/min 5 pases		Ensayo de corte 480 m/min 5 pases				
	Al ₂ O ₃ vol%	WC vol%					Al ₂ O ₃ /WC	P/NP**						Resistencia a la flexión	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión	Límite de corte	Pérdida por abrasión
	Al ₂ O ₃ / WC						P/NP**							MPa	MPa·m ^{0.5}	MPa	MPa·m ^{0.5}	MPa	MPa·m ^{0.5}	MPa	MPa·m ^{0.5}	MPa
A	59,0	40,0	ZrO ₂ 1,0 0,7	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P/NP**	8,6	1650	4,4	34,7	34,7	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
B	58,3	40,0	ZrO ₂ 1,7 0,7	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	8,6	1720	4,5	34,7	34,7	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
C	50,0	40,0	ZrO ₂ 10,0 0,7	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	9,3	1850	4,7	33,5	33,5	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
D	59,5	40,0	TiC 0,5 0,8	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	10,3	1650	4,6	34,3	34,3	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
E	59,5	40,0	VC 0,5 1,2	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	10,9	1690	4,6	33,6	33,6	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
F	59,5	40,0	Cr ₃ O ₂ 0,5 1,0	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	12,0	1660	4,6	34,0	34,0	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
G	59,5	40,0	ZrC 0,5 1,1	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	10,5	1690	4,7	33,6	33,6	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
H	59,5	40,0	NbC 0,5 1,0	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	11,3	1670	4,7	33,8	33,8	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
I	59,5	40,0	ZrO ₂ 0,25 0,7	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	9,9	1700	4,6	33,2	33,2	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				
X	59,5	40,0	MgO 0,5 0,8	P*	2,0	1750	Al ₂ O ₃ /WC	P**	9,6	1070	4,6	33,7	33,7	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x	O>Δ>x				

REIVINDICACIONES

1. Una composición cerámica compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en compuestos de metales de transición, excepto tungsteno (W), que pertenecen a los grupos 4 a 6 en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos, junto con impurezas inevitables que son al menos una de hierro, cromo, cobalto y níquel en una cantidad no superior al 0,1 % en masa, en donde al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en metales de transición, excepto tungsteno (W), que pertenece a los grupos 4 a 6 en la tabla periódica, itrio (Y), escandio (Sc) y serie lantánida se distribuyen en un primer límite de grano como una interfaz donde una alúmina (Al_2O_3) grano de cristal es adyacente a un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) y en un segundo límite de grano como una interfaz donde dos granos de cristal de alúmina (Al_2O_3) son adyacentes entre sí, y en donde la distribución de dicho al menos un elemento se puede medir con el método descrito en la descripción.
2. La composición cerámica según la reivindicación 1, en donde en una sección transversal de la composición cerámica, una relación entre un área de sección transversal A de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) que no es adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) pero está rodeado por al menos un tipo de grano de cristal seleccionado del grupo que consiste en alúmina (Al_2O_3), compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6, excepto tungsteno (W), en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos y un área de sección transversal B de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) satisface $1,5 \leq A/(A+B) \times 100 \leq 50,0$, en donde $A/(A+B)$ se determina con el método descrito en la descripción.
3. Una composición cerámica según la reivindicación 1 compuesta principalmente por alúmina (Al_2O_3), carburo de tungsteno (WC) y circonia (ZrO_2) junto con impurezas inevitables que son al menos una de hierro, cromo, cobalto y níquel en una cantidad no superior al 0,1 % en masa, en donde el circonio (Zr) se distribuye en un primer límite de grano como una interfaz donde un grano de cristal de alúmina (Al_2O_3) es adyacente a un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) y en un segundo límite de grano como una interfaz donde dos granos de cristal de alúmina (Al_2O_3) son adyacentes entre sí, en donde la distribución del circonio se puede medir con el método descrito en la descripción.
4. La composición cerámica según la reivindicación 3, en donde en una sección transversal de la composición cerámica, una relación entre un área de sección transversal A de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) que no es adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) pero está rodeado por al menos un tipo de grano de cristal de alúmina (Al_2O_3) un grano de cristal de circonia (ZrO_2) y un área de sección transversal B de un grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) adyacente a otro grano de cristal de carburo de tungsteno (WC) satisface $1,5 \leq A/(A+B) \times 100 \leq 50,0$, en donde $A/(A+B)$ se determina con el método descrito en la descripción.
5. La composición cerámica según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el carburo de tungsteno (WC) ocupa una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, un compuesto de circonio ocupa una parte no inferior a 0,1 % en volumen y no superior a 18,0 % en volumen, y alúmina (Al_2O_3) ocupa una parte residual.
6. La composición cerámica según una de las reivindicaciones 1 y 2, en donde el carburo de tungsteno (WC) ocupa una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, un compuesto de circonio ocupa una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 18,0 % en volumen, cualquiera de los compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 excepto circonio (Zr) y tungsteno (W) en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos ocupan una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 1,0 % en volumen, y la alúmina (Al_2O_3) ocupa una parte residual.
7. La composición cerámica según una de las reivindicaciones 1 y 2, en donde el carburo de tungsteno (WC) ocupa una parte no inferior al 20,0 % en volumen y no superior al 50,0 % en volumen, cualquiera de los compuestos de metales de transición pertenecientes a los grupos 4 a 6 excepto circonio (Zr) y tungsteno (W) en la tabla periódica, compuestos de itrio, compuestos de escandio y compuestos lantánidos ocupan una parte no inferior al 0,1 % en volumen y no superior al 1,0 % en volumen, y la alúmina (Al_2O_3) ocupa una parte residual.
8. Una herramienta de corte fabricada con la composición cerámica según cualquier reivindicación precedente.

Fig.1

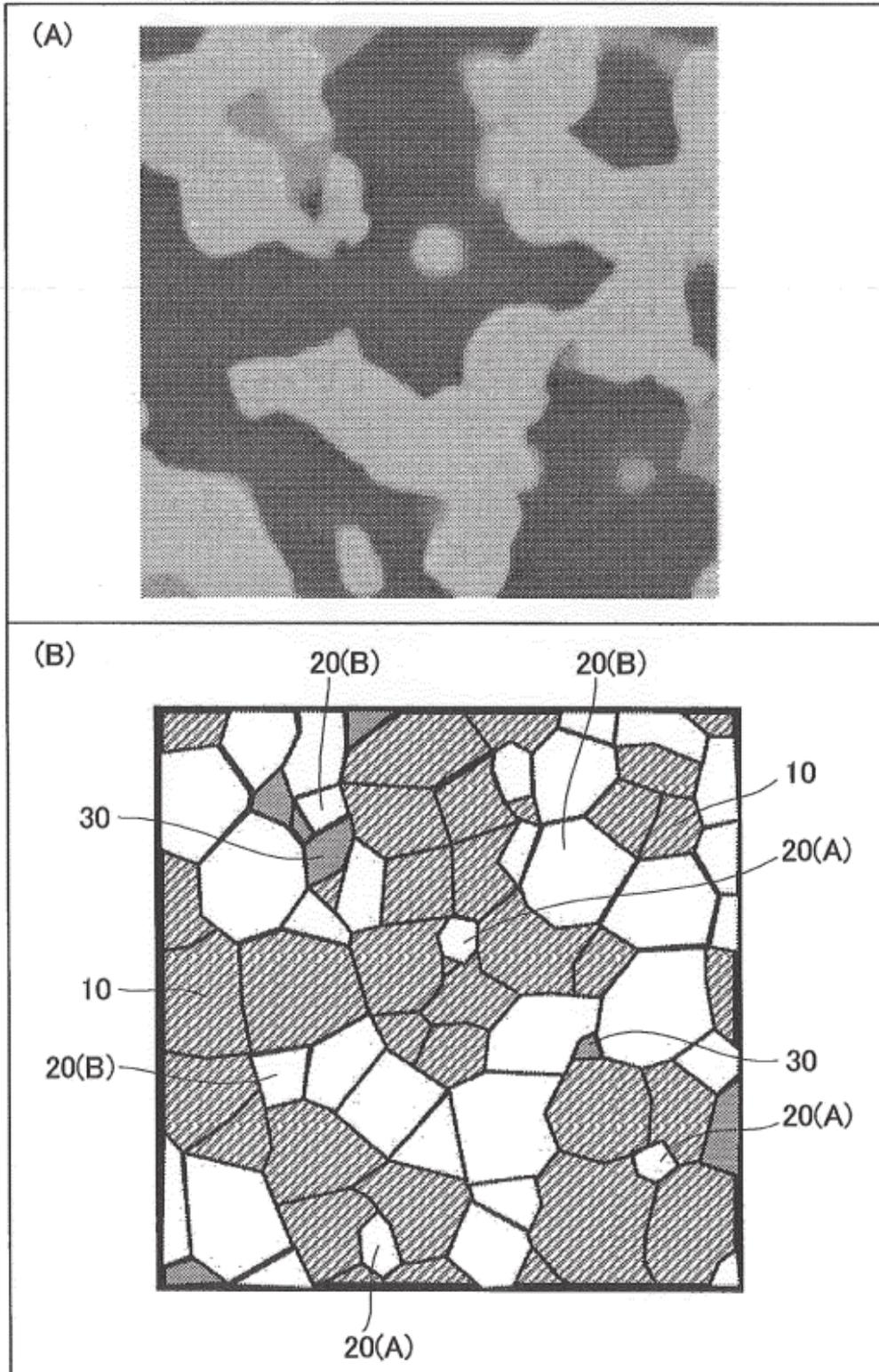


Fig.2

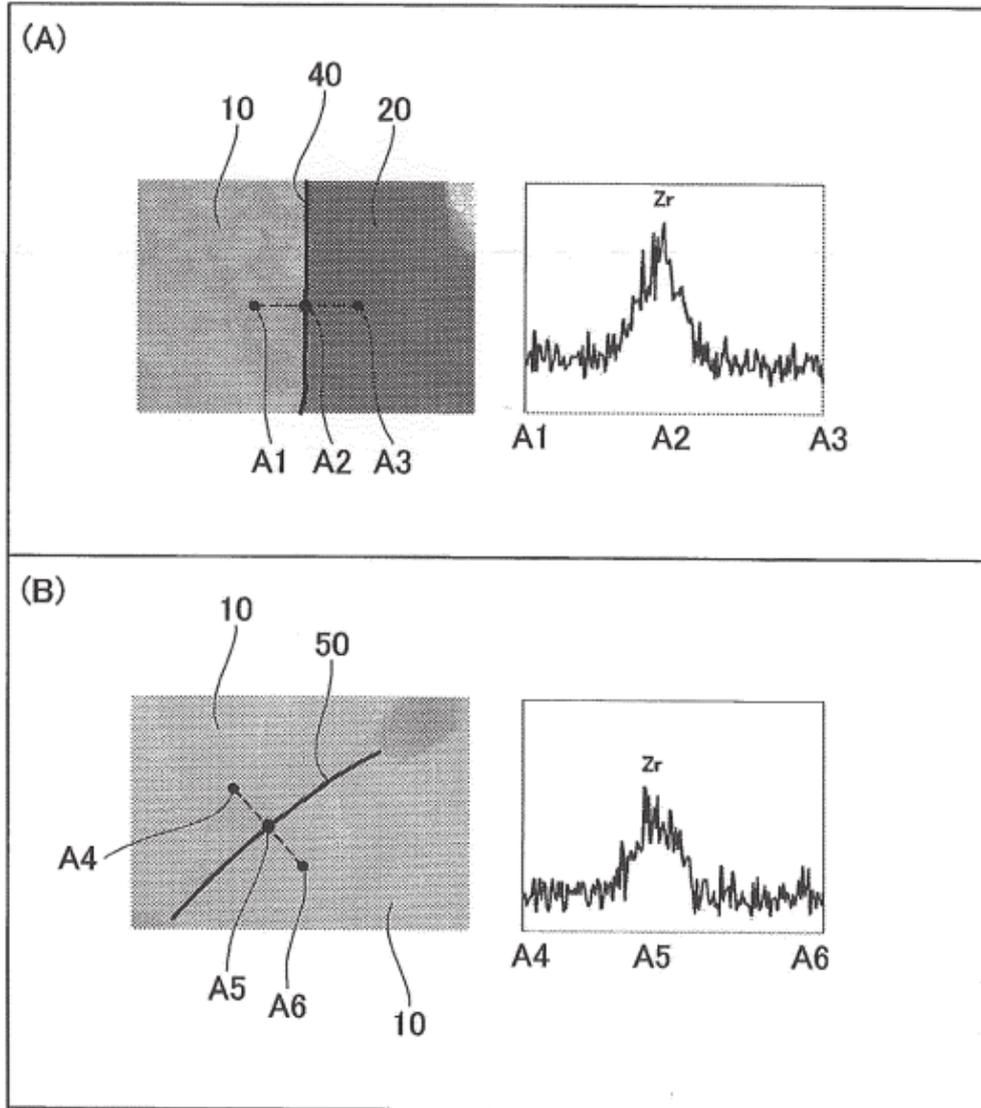


Fig.3

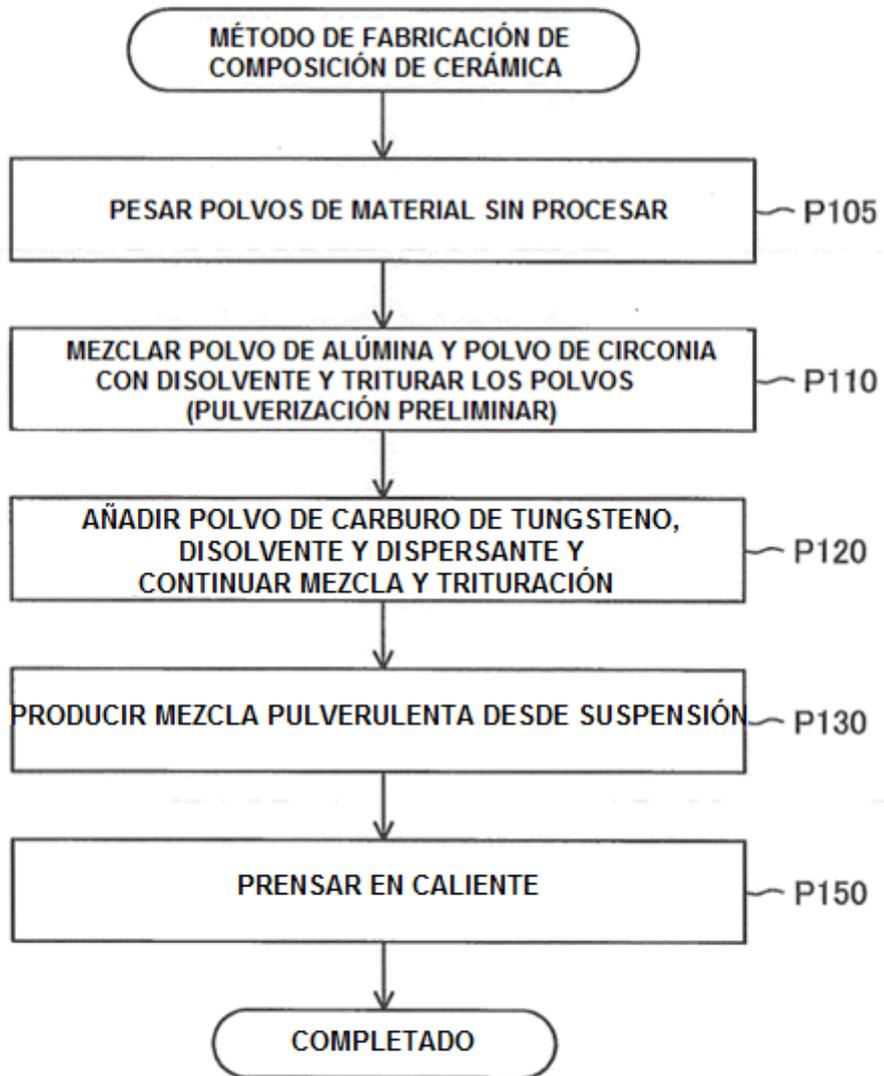


Fig. 4

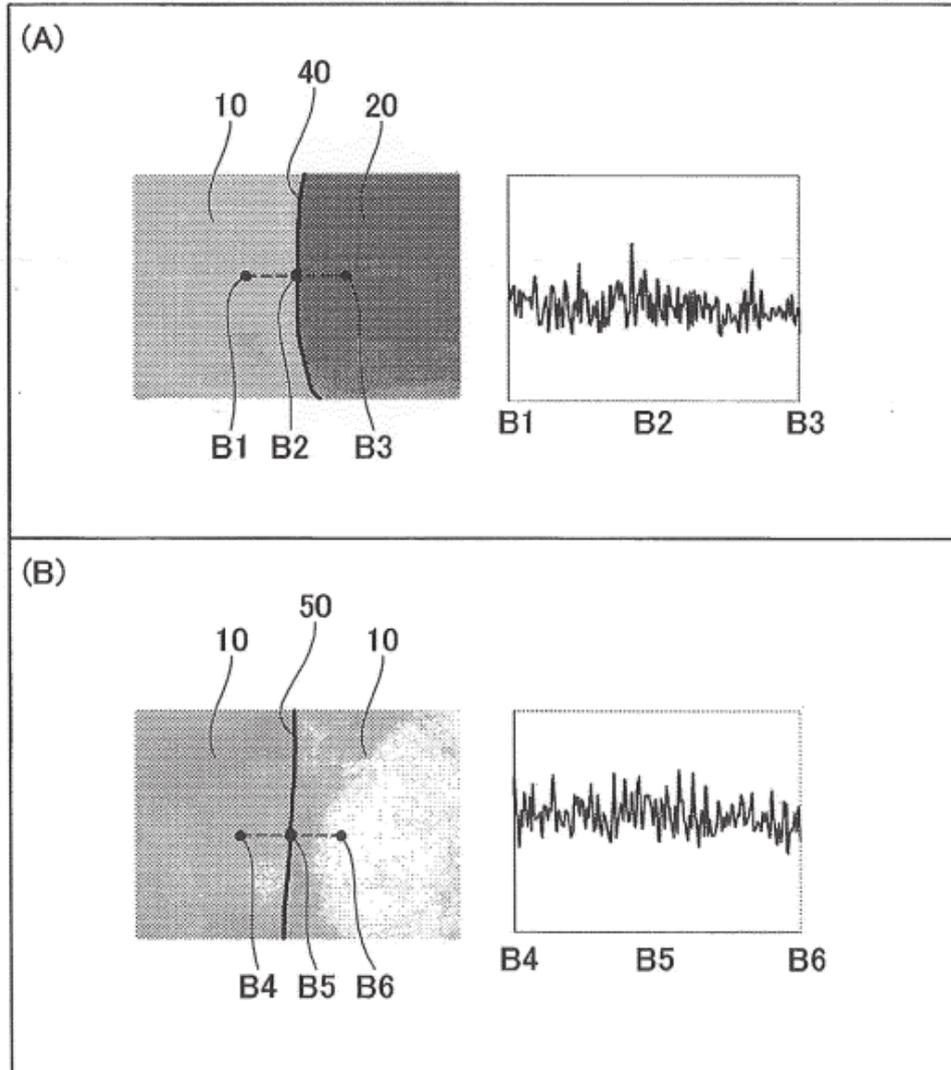


Fig. 5

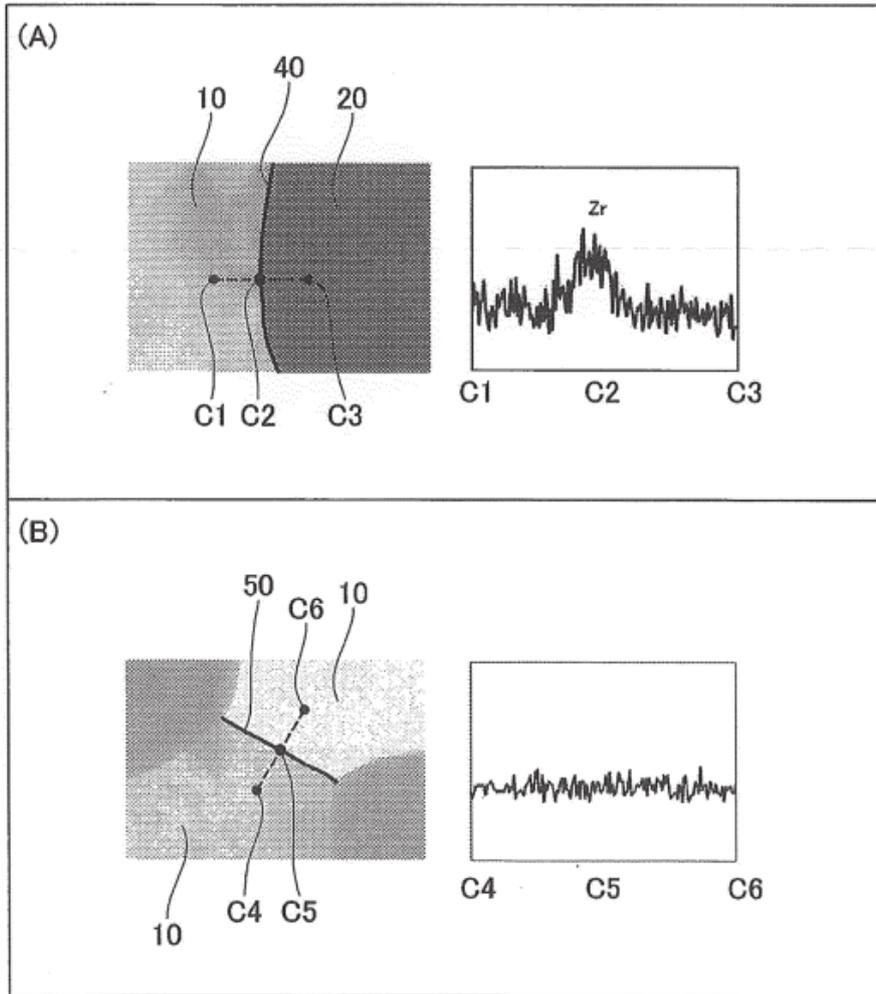


Fig. 6

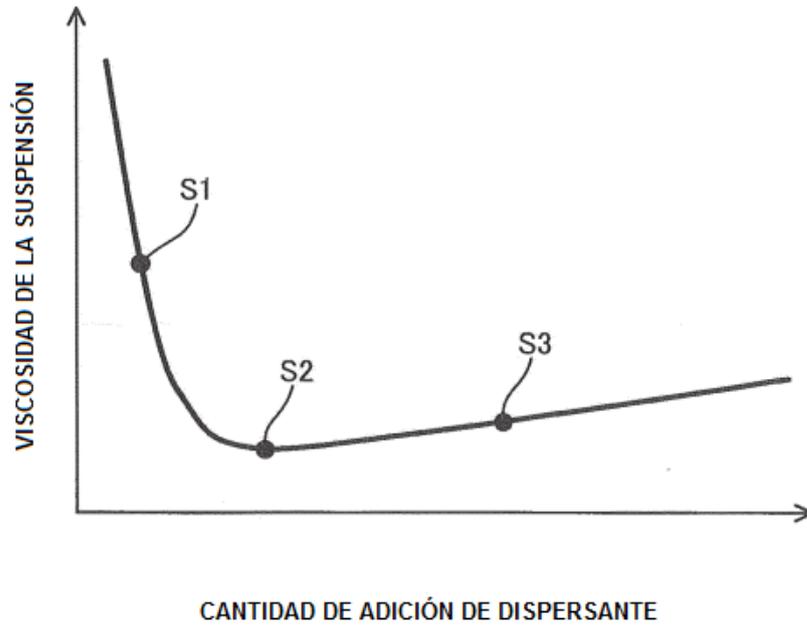


Fig. 7

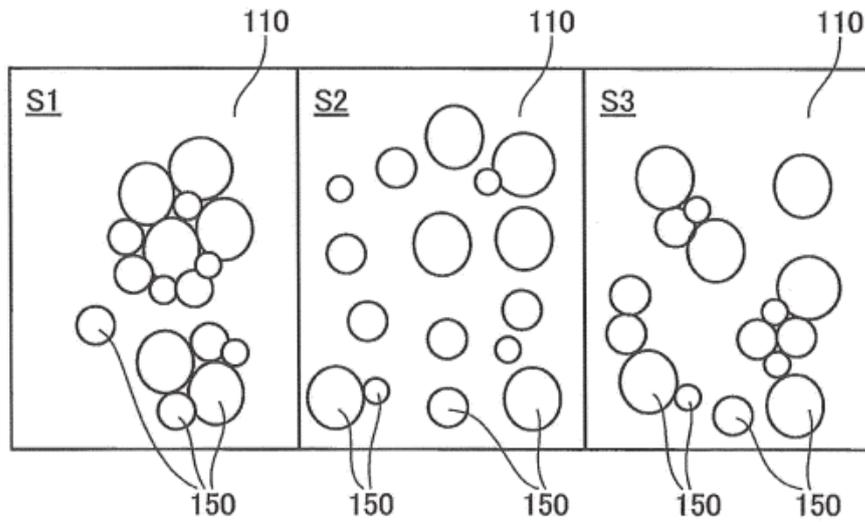


Fig. 8

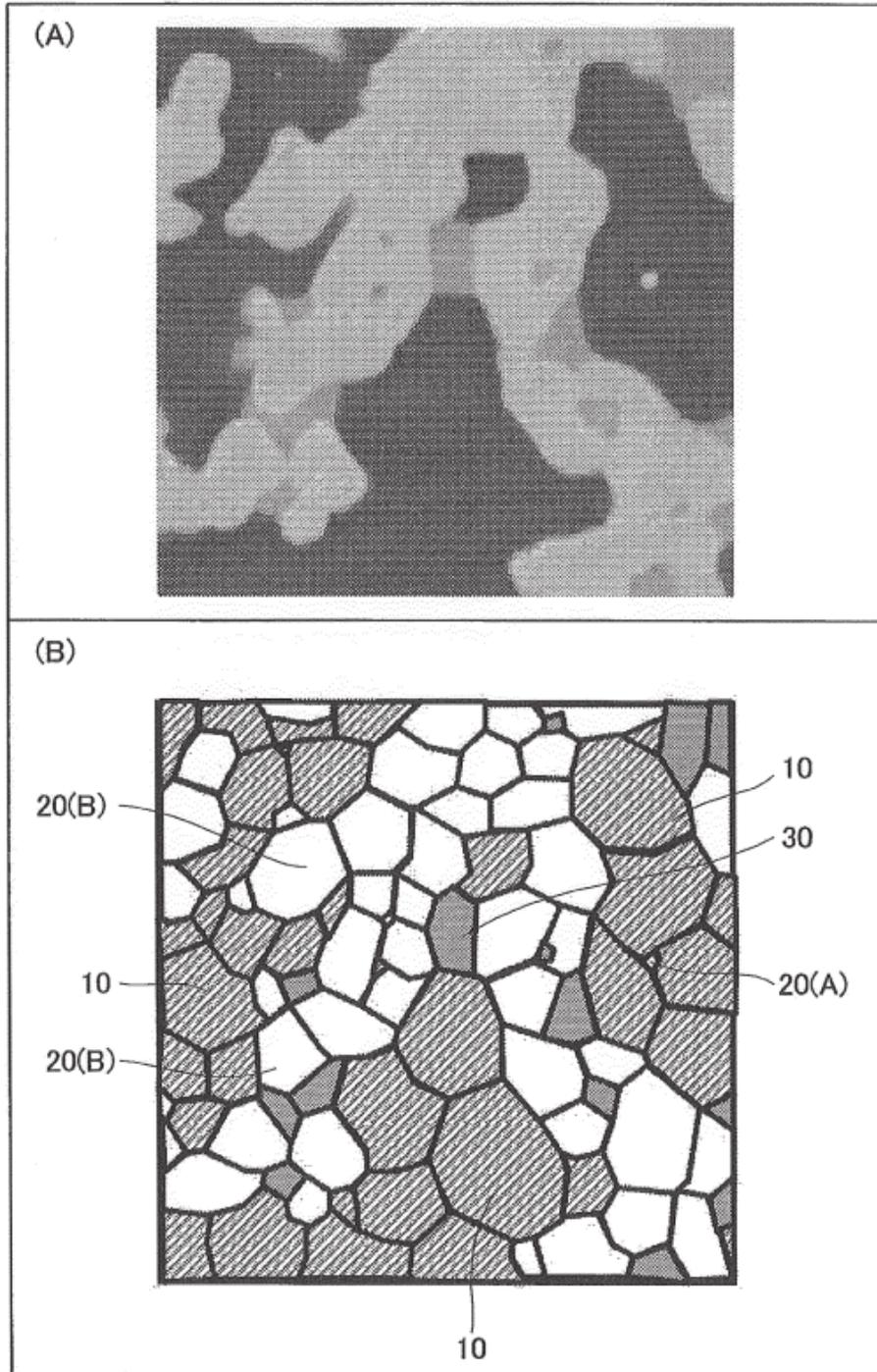


Fig. 9

