

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 898 442**

51 Int. Cl.:

B26D 1/00 (2006.01)
B26D 7/08 (2006.01)
B26D 7/26 (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01)
B22F 5/06 (2006.01)
C22C 29/06 (2006.01)
C22C 29/08 (2006.01)
F16B 33/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2018** **E 18212995 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.09.2021** **EP 3670039**

54 Título: **Cuchilla ultrasónica y sistema de corte ultrasónico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2022

73 Titular/es:

CERATIZIT COMO (100.0%)
Via Milanese 6
22040 Alserio, IT

72 Inventor/es:

VALSECCHI, ANTONELLO y
BEZZOLA, BERNARDO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 898 442 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

Cuchilla ultrasónica y sistema de corte ultrasónico

La presente invención se refiere a una cuchilla ultrasónica y a un sistema de corte ultrasónico que comprende un sonotrodo y una cuchilla ultrasónica.

5 Para cortar diferentes materiales como alimentos, material textil, cuero, material compuesto o estructuras de panal, se utilizan sistemas de corte ultrasónicos en los que una cuchilla que tiene al menos un filo está conectada a un sonotrodo que transmite oscilaciones de ultrasonido a la cuchilla. El corte del material a cortar se efectúa mediante pequeñas oscilaciones de la cuchilla en el intervalo de los ultrasonidos con respecto al material a cortar. Típicamente, el sonotrodo (también llamado bocina ultrasónica) tiene una rosca interna en la que se monta una rosca externa de la
10 cuchilla ultrasónica para formar una conexión roscada. La rosca interna del sonotrodo es típicamente una rosca interna ISO estándar métrica (de acuerdo con la ISO 5408) o una rosca interna UTS estándar (Estándar de rosca unificada ANSI/ASME).

15 En aplicaciones para cortar alimentos o similares, se utilizan típicamente cuchillas ultrasónicas hechas de acero inoxidable. En aplicaciones que requieren mayor dureza y/o mayor resistencia a la abrasión, se utilizan cuchillas ultrasónicas en las que la parte de corte de la cuchilla ultrasónica, que forma el al menos un filo, está hecha de material de carburo cementado y la parte de sujeción de la cuchilla ultrasónica que tiene la rosca externa está hecha de acero. Estas dos partes hechas de diferentes materiales se conectan mediante soldadura o soldadura fuerte. Sin embargo, existe la desventaja de que la conexión de soldadura o soldadura fuerte tiene un efecto amortiguador de las oscilaciones ultrasónicas y afecta negativamente a las frecuencias y/o amplitudes alcanzables de las oscilaciones.

20 El documento CN 207 387 730 U describe una cuchilla ultrasónica que tiene una parte de corte y una parte de sujeción que comprende una rosca externa. La parte de corte está hecha de carburo de grano ultrafino y la parte de sujeción está hecha de acero.

El documento JP 3 706 239 B2 describe una cuchilla ultrasónica que tiene una parte de corte a la que se suelda una parte de sujeción que tiene una rosca externa.

25 El documento US 5 695 510 A describe una cuchilla ultrasónica para cirugía que tiene una parte de sujeción con una rosca externa.

30 El problema del efecto amortiguador no deseado de la conexión de soldadura o soldadura fuerte se puede superar formando la cuchilla ultrasónica en una sola pieza de material de carburo cementado, es decir, con la parte de corte y la parte de sujeción de la cuchilla ultrasónica formadas en una sola pieza (es decir, monolíticamente) de material de carburo cementado. El material de carburo cementado es un material compuesto que consiste en partículas cerámicas duras incrustadas en una fase aglutinante metálica dúctil, en donde la cantidad de partículas duras en porcentaje en peso es sustancialmente mayor que la cantidad de fase aglutinante en porcentaje en peso. Típicamente, las partículas cerámicas duras pueden estar formadas al menos predominantemente a partir de carburo de wolframio (WC) y la fase aglutinante metálica es una aleación base de al menos uno de cobalto (Co), níquel (Ni) y hierro (Fe). La aleación base
35 de un metal significa que este metal es el componente principal de la aleación. Sin embargo, tal construcción sólida de la cuchilla ultrasónica en una sola pieza de material de carburo cementado conlleva un mayor riesgo de falla del material en la región de la parte de sujeción que tiene la rosca externa.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una cuchilla ultrasónica mejorada y un sistema de corte ultrasónico mejorado que tiene un sonotrodo para generar oscilaciones ultrasónicas y una cuchilla ultrasónica.

40 Este objeto se resuelve mediante una cuchilla ultrasónica según la reivindicación 1. Los desarrollos adicionales se especifican en las reivindicaciones dependientes.

45 La cuchilla ultrasónica tiene una parte de corte que comprende al menos un filo y una parte de sujeción que comprende una rosca externa para la conexión a un sonotrodo. La parte de corte y la parte de sujeción están formadas en una sola pieza de material de carburo cementado. El material de carburo cementado comprende partículas duras formadas al menos predominantemente por carburo de wolframio y un aglutinante metálico. La rosca externa de la sección de sujeción tiene un paso de rosca p y está conformada de tal manera que la raíz de las vueltas de la rosca tiene una forma redondeada con un radio de raíz R de $0,2 \cdot p \leq R \leq 0,3 \cdot p$. Dado que la parte de corte y la parte de sujeción están formadas en una sola pieza, es decir, monolíticamente, de material de carburo cementado, se evitan las influencias negativas que pudieran surgir de un material de soldadura o soldadura fuerte. Debido a que la rosca externa de la
50 sección de sujeción tiene un gran radio de raíz, que se incrementa sustancialmente en comparación con una rosca interna ISO estándar métrica o una rosca interna UTS estándar, se evita de forma fiable el fallo del material de carburo cementado en la sección de sujeción. El gran radio de raíz reduce significativamente la concentración de tensión de tracción en la región de la rosca externa, que es un factor importante en la falla de material del material de carburo cementado.

55 El objeto también se resuelve mediante una cuchilla ultrasónica según la reivindicación 2. Los desarrollos adicionales se especifican en las reivindicaciones dependientes.

- La cuchilla ultrasónica tiene una parte de corte que comprende al menos un filo y una parte de sujeción que comprende una rosca externa para la conexión a un sonotrodo. La parte de corte y la parte de sujeción están formadas en una sola pieza de material de carburo cementado. El material de carburo cementado comprende partículas duras formadas al menos predominantemente por carburo de wolframio y un aglutinante metálico. El material de carburo cementado comprende: 5,5-13% en peso de Co, preferiblemente 6,5-11% en peso de Co; un contenido de Cr con una relación de Cr/Co en % en peso de $0,04 \leq Cr/Co \leq 0,06$; un contenido de Mo con una relación de Mo/Co en % en peso de $0,02 \leq Mo/Co \leq 0,04$; un contenido de V y Cr en relación con Co en % en peso de $0,04 \leq (V + Cr)/Co \leq 0,07$; impurezas inevitables de en total $\leq 0,15\%$ en peso, y el resto WC. Dado que la parte de corte y la parte de sujeción están formadas en una sola pieza, es decir, monolíticamente, de material de carburo cementado, se evitan las influencias negativas que pudieran surgir de un material de soldadura o soldadura fuerte. El contenido de Co en el intervalo de 5,5-13% en peso permite adaptar la dureza y resistencia de la cuchilla ultrasónica a los diferentes materiales a cortar, diferentes longitudes de la parte de corte y similares, ya que la resistencia aumenta al aumentar el contenido de Co y la dureza aumenta al disminuir el contenido de Co. La relación Cr/Co definida en combinación con el contenido de Mo con la relación Mo/Co de $0,02 \leq Mo/Co \leq 0,04$ logra una reducción confiable del crecimiento de grano durante el proceso del producto metalúrgico y una resistencia ventajosa del material de carburo cementado contra la falla del material en la región de la rosca externa de la parte de sujeción. En particular, en combinación con la cantidad muy pequeña de V expresada por $0,04 \leq (V + Cr)/Co \leq 0,07$ en combinación con el contenido de Cr definido anteriormente, esto da como resultado una mayor resistencia y una menor fragilidad, de modo que la capacidad de resistir la falla del material en la región de la rosca externa de la parte de sujeción se mejora significativamente.
- Según un desarrollo adicional, la rosca externa de la sección de sujeción tiene un paso de rosca p y está conformada de tal manera que la raíz de las vueltas de la rosca tiene una forma redondeada con un radio de raíz R de $0,2 \cdot p \leq R \leq 0,3 \cdot p$. La rosca externa de la sección de sujeción que tiene un radio de raíz tan grande, que se incrementa sustancialmente en comparación con una rosca interna ISO estándar métrica o una rosca interna UTS estándar, reduce significativamente el riesgo de falla del material de carburo cementado en la sección de sujeción. El gran radio de raíz reduce significativamente la concentración de tensión de tracción en la región de la rosca externa, que es un factor importante en la falla de material del material de carburo cementado. En particular, la combinación de la composición específica del material de carburo cementado con el radio de raíz ampliado logra un riesgo significativamente reducido de falla del material en la región de la rosca externa.
- Según un desarrollo posterior, el radio de raíz R está en el intervalo de $0,24 \cdot p \leq R \leq 0,285 \cdot p$. En particular, este intervalo para el radio de raíz R logra una muy buena compensación entre la mayor resistencia del material de carburo cementado en la región de la rosca externa contra la falla del material, por un lado, y ventajosa altura de los flancos de la rosca en la dirección radial de la rosca externa, por otro lado.
- Según un desarrollo posterior, la rosca externa tiene un diámetro de rosca nominal en el intervalo de 3 mm a 13 mm. Se encontró que los diámetros de rosca nominales en este intervalo permiten conexiones confiables y estables para todas las diferentes longitudes de la parte de corte. Preferiblemente, el diámetro de rosca nominal puede estar en el intervalo de 5 mm a 10 mm.
- Si los granos de WC en el material de carburo cementado tienen un tamaño de grano promedio en el intervalo de 0,5-1,2 μm , se consiguen propiedades ventajosas particulares de la cuchilla ultrasónica y se pueden prevenir de forma fiable fallas de material.
- Según un desarrollo adicional, la rosca externa está adaptada para cooperar de manera roscada con una rosca interna ISO estándar métrica en un sonotrodo. La rosca interna ISO estándar métrica está especificada en la norma ISO 5408. En este caso, la rosca externa de la cuchilla ultrasónica se puede unir de manera confiable a un sonotrodo convencional y no se requiere un sonotrodo específicamente adaptado.
- Según un desarrollo adicional, la rosca externa está adaptada para cooperar de manera roscada con una rosca interna UTS estándar en un sonotrodo. Las roscas internas UTS estándar se definen en el estándar ANSI/ASME. También en este caso, la rosca externa de la cuchilla ultrasónica se puede unir de manera confiable a un sonotrodo convencional y no se requiere un sonotrodo específicamente adaptado.
- Según un desarrollo adicional, al menos la parte de sujeción tiene una superficie que tiene las características de una superficie que ha sido sometida a un haz de partículas. El tratamiento de la superficie de carburo cementado con un haz de partículas puede identificarse directamente por las correspondientes pequeñas deformaciones en la superficie e indirectamente por un gradiente de tensión en el material de carburo cementado en función de la distancia desde la superficie. Cuando la superficie de la parte de sujeción se somete a un haz de partículas, los pequeños defectos superficiales en la superficie del material de carburo cementado que son puntos de partida típicos para la falla del material se recuecen de manera que se reduce aún más el riesgo de falla del material en la región de la rosca externa.
- Según un desarrollo adicional, al menos la parte de sujeción tiene un nivel de tensión de compresión en una región de superficie. En particular, la parte de sujeción puede tener un gradiente de tensión en la dirección con el aumento de la distancia desde la superficie. El nivel de tensión de compresión en la región de superficie, que se puede lograr tratando la parte de sujeción con un haz de partículas macroscópicas, reduce aún más el riesgo de falla del material en la región de la rosca externa.

5 El objeto también se resuelve mediante un sistema de corte ultrasónico que comprende un sonotrodo para generar oscilaciones ultrasónicas que tienen una rosca interna y la cuchilla ultrasónica anterior. La rosca externa de la cuchilla ultrasónica se acopla de manera roscada con la rosca interna del sonotrodo. La rosca interna del sonotrodo tiene un diámetro mínimo D_{\min} definido por las crestas de rosca de la rosca interna. La rosca externa de la cuchilla ultrasónica tiene un diámetro de raíz máximo d_{\max} definido por la transición del radio de raíz a los flancos de rosca, en donde $d_{\max} \leq D_{\min}$. La rosca interna del sonotrodo puede ser, p. ej., una rosca interna ISO estándar métrica o una rosca interna UNC estándar. En el caso de $d_{\max} \leq D_{\min}$ la funcionalidad de la conexión de rosca se mantiene en su totalidad a pesar de las otras adaptaciones al diseño de rosca de la rosca externa con el fin de reducir el riesgo de falla del material en la región de la parte de sujeción.

10 Otras ventajas y desarrollos de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones con referencia a los dibujos.

En las figuras:

- La Figura 1: es una vista lateral esquemática de una cuchilla ultrasónica según una realización;
- 15 La Figura 2: es una ilustración esquemática de un sonotrodo que comprende una rosca interna para cooperar con la rosca externa de la cuchilla ultrasónica;
- La Figura 3: es una ilustración esquemática en perspectiva de la cuchilla ultrasónica;
- La Figura 4: es una ilustración ampliada de una rosca externa estándar UNJ que coopera con una rosca interna estándar UNJ;
- 20 La Figura 5: es una ilustración ampliada de la rosca externa de la cuchilla ultrasónica según una realización en cooperación con una rosca interna estándar UNJ de un sonotrodo;
- La Figura 6: es una ilustración ampliada adicional de la rosca externa de la cuchilla ultrasónica en cooperación con la rosca interna del sonotrodo;
- La Figura 7: es una imagen SEM de un material de carburo cementado usado para la cuchilla ultrasónica en un Ejemplo 1;
- 25 La Figura 8: es una imagen SEM de un material de carburo cementado usado para la cuchilla ultrasónica en un Ejemplo 2; y
- La Figura 9: es una imagen SEM de un material de carburo cementado usado para la cuchilla ultrasónica en un Ejemplo 3.

Una realización de la invención se describirá ahora con referencia a los dibujos.

30 Como se puede ver en la Figura 1 y la Figura 3, la cuchilla ultrasónica 1 según la realización tiene una parte de corte 2 adaptada para cortar material a cortar en un primer extremo y una parte de sujeción 3 para conectar la cuchilla ultrasónica 1 a un sonotrodo 10 en el otro extremo. La parte de corte 2 tiene una forma alargada y se estrecha hacia una punta de corte 21 formada en el primer extremo de la cuchilla ultrasónica 1, el primer extremo alejado de la parte de sujeción 3. Unos filos 20 se forman a lo largo de los lados de la parte de corte 2. Aunque en la Figura 1 y la Figura 3 se muestra una forma específica de la parte de corte 2, cabe señalar que también son posibles otras formas.

35 En el extremo opuesto a la parte de corte 2, la parte de sujeción 3 de la cuchilla ultrasónica 1 está provista de una rosca externa 30 cuyas características se describirán con más detalle a continuación. Un saliente 31 sustancialmente en forma de anillo que se proyecta lateralmente más allá de la rosca externa 30 está formado entre la porción de corte 2 y la rosca externa 30. El saliente 31 tiene una superficie de apoyo axial anular 32 que se extiende sustancialmente perpendicular a un eje longitudinal L de la cuchilla ultrasónica 1 y que está adaptada para apoyarse contra una superficie de apoyo axial anular 12 correspondiente del sonotrodo 10.

40 Una superficie de apoyo radial 33 sustancialmente cilíndrica linda con la superficie de apoyo axial anular 32 en la dirección hacia la rosca externa 30. Una superficie de aclaramiento 34 sustancialmente cilíndrica, que tiene un diámetro más pequeño que la superficie de apoyo radial 33 y que la rosca externa 30, se forma entre la superficie de apoyo radial 33 y la rosca externa 30.

45 Toda la cuchilla ultrasónica 1, es decir, la parte de corte 2 y la parte de sujeción 3 que tiene la rosca externa 30 están formadas monolíticamente en una sola pieza de material de carburo cementado. El material de carburo cementado comprende partículas duras que están al menos predominantemente formadas por carburo de wolframio (WC), el espacio entre las cuales se llena con un aglutinante metálico dúctil. La composición específica del material de carburo cementado se describirá más adelante. La forma específica de la parte de corte 2 se forma mediante molienda con el fin de lograr filos 20 afilados.

Un sonotrodo 10 típico se explicará brevemente con referencia a la Figura 2. El sonotrodo 10 tiene típicamente una

forma sustancialmente cilíndrica simétrica con un eje principal Z. Un primer extremo 10a del sonotrodo 10 está adaptado para conectarse a una interfaz de un dispositivo de ultrasonidos (no mostrado). El segundo extremo 10b del sonotrodo 10 está provisto de un orificio central 11 adaptado para recibir la parte de sujeción 3 de la cuchilla ultrasónica 1. El orificio central 11 está provisto de una rosca interna 15 que es una rosca interna estándar tal como una rosca interna ISO estándar métrica o una rosca interna UTS estándar. A continuación, las características de la realización se describirán con referencia a una rosca interna 15 que es una rosca interna estándar UNJ.

El segundo extremo 10b del sonotrodo 10 tiene una superficie de apoyo axial 12 sustancialmente anular para soportar la superficie de apoyo axial anular 32 de la cuchilla ultrasónica 1. Una superficie de apoyo radial 13 sustancialmente cilíndrica está formada en el orificio central 10 entre la superficie de apoyo axial 12 y la rosca interna 15. La superficie de apoyo radial 13 tiene un diámetro que corresponde al diámetro de la superficie de apoyo radial cilíndrica 33 de la cuchilla ultrasónica 1. Cuando la cuchilla ultrasónica 1 está conectada al sonotrodo 10, la rosca externa 30 de la cuchilla ultrasónica 1 se enrosca en la rosca interna 15 del sonotrodo 10 hasta que la superficie de apoyo axial 32 de la cuchilla ultrasónica 1 se apoya contra la correspondiente superficie de apoyo axial 12 del sonotrodo 10. La cuchilla ultrasónica 1 se centra en la dirección radial (con respecto al eje longitudinal L) mediante la interacción de la superficie de apoyo radial 33 de la cuchilla ultrasónica 1 con la superficie de apoyo radial 13 del sonotrodo 10.

A continuación, se describirá con más detalle la forma de la rosca externa 30 de la parte de sujeción 3. En primer lugar, la cooperación de una rosca externa estándar UNJ 30a con una rosca interna estándar UNJ se describirá con referencia a la Figura 4. Después, la diferencia de la rosca externa 30 según la realización en comparación con una rosca externa estándar se explicará con referencia a la Figura 5 y la Figura 6.

Como puede verse en la Figura 4, cada vuelta de rosca de una rosca interna estándar 15 tiene una forma bien definida con un ángulo estándar α formado entre los flancos de rosca adyacentes 15a y con un radio de raíz R_{SI} dado de la rosca interna 15. De manera similar, las vueltas de rosca de una rosca externa estándar 30a también están bien definidas con respecto al ángulo entre los flancos de rosca adyacentes y el radio de raíz R_{SE} de la rosca externa 30a. Asimismo, el paso p de la rosca está claramente definido para roscas estándar (la mitad del paso $p/2$ se muestra en la Figura 4).

Pasando ahora a la Figura 5, que ilustra una rosca externa 30 según la realización en cooperación con la rosca interna estándar 15, puede verse que la raíz 35 de la rosca externa 30 según la realización tiene un radio de raíz R aumentado en comparación con la rosca externa estándar 30a. El radio de raíz R aumentado se puede expresar mejor en función del paso p de la conexión de rosca. Según la realización, la rosca externa 30 de la cuchilla ultrasónica 1 tiene un radio de raíz R dentro del intervalo de $0,2 \cdot p \leq R \leq 0,3 \cdot p$. De este modo, la rosca externa 30 formada en el material de carburo cementado de la cuchilla ultrasónica 1 se hace sustancialmente más robusta en comparación con una rosca externa según el estándar. Preferiblemente, el radio de raíz puede estar en el intervalo de $0,24 \cdot p \leq R \leq 0,285 \cdot p$. Se ha encontrado que la robustez de la rosca externa 30 formada en el material de carburo cementado de la cuchilla ultrasónica 1 puede incrementarse sustancialmente seleccionando el radio de raíz R en función del paso de rosca p en este intervalo. Se ha encontrado que este intervalo funciona particularmente bien en el intervalo de diámetros de rosca nominales de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 13 mm.

Con referencia a la Figura 6, se puede ver que las transiciones T entre la raíz 35 y los flancos de rosca 34, es decir, las transiciones donde los flancos de rosca 34 se extienden tangencialmente a la raíz 35, definen un diámetro máximo de raíz d_{max} de la rosca externa 30. Asimismo, las crestas de rosca 15b de la rosca interna 15 definen un diámetro mínimo D_{min} . La rosca externa 30 según la realización está adaptada de manera que el diámetro máximo de raíz d_{max} es menor o igual al diámetro mínimo D_{min} de la rosca interna 15 en el sonotrodo 10. El sonotrodo 10 y la cuchilla ultrasónica 1 forman juntos un sistema de corte ultrasónico. Aunque las características de la rosca interna 15 y la rosca externa 30 cooperante específicamente adaptada se describieron anteriormente con referencia a una rosca estándar UNJ, lo mismo se aplica a las roscas ISO estándar métricas.

La cuchilla ultrasónica 1 según la realización está hecha de un material de carburo cementado que comprende: 5,5-13% en peso de Co, un contenido de Cr con una relación Cr/Co en % en peso de $0,04 \leq Cr/Co \leq 0,06$, un contenido de Mo con una relación de Mo/Co en % en peso de $0,02 \leq Mo/Co \leq 0,04$, un contenido de V y Cr en relación con Co en % en peso de $0,04 \leq (V + Cr)/Co \leq 0,07$, impurezas inevitables de en total $\leq 0,15\%$ en peso, y el resto WC. Los granos de WC en el material de carburo cementado tienen un tamaño de grano promedio en el intervalo de 0,5 μ m a 1,2 μ m. Preferiblemente, el material de carburo cementado puede tener un contenido de Co en el intervalo de 6,5-11% en peso de Co. Las impurezas inevitables pueden comprender en particular TiC, TaC y/o NbC.

El material de carburo cementado según la invención se produjo mediante métodos de pulvimetalurgia usando polvo de WC que tiene un tamaño de partícula (tamaños de tamiz Fisher; FSSS) de 0,6 μ m, polvo de Co que tiene un tamaño de partícula FSSS de 0,8 μ m, polvo de Cr₃C₂ que tiene un tamaño de partícula FSSS de 1,5 μ m, polvo de Cr₂N que tiene un tamaño de partícula FSSS de 1,5 μ m, polvo de Mo₂C que tiene un tamaño de partícula FSSS de 1,5 μ m; y polvo de VC con un tamaño de partícula FSSS de 1 μ m, mezclando los respectivos polvos en un disolvente en un molino de bolas/molinillo y posteriormente secando por pulverización de una manera convencional. El granulado resultante se compactó y se conformó en un cuerpo verde de la forma deseada y posteriormente se sinterizó de una manera convencional para obtener un cuerpo de carburo cementado sinterizado. Las cuchillas ultrasónicas 1 se fabricaron a partir de los cuerpos de carburo cementado sinterizado mediante molienda.

La parte de sujeción 3 de la cuchilla ultrasónica 1 y, en particular, la rosca externa 30 se sometió a un tratamiento de granallado con un haz de partículas de rejilla de alúmina. La presión del haz de partículas se ajustó de modo que se formara un nivel de tensión de compresión en una región de superficie del material de carburo cementado en la parte de sujeción 3 con un gradiente de presión hacia el interior de la parte de sujeción 3.

- 5 El tamaño de grano promedio de los granos de carburo de wolframio en el material de carburo cementado se determinó según el método de "diámetro de círculo equivalente (ECD)" a partir de imágenes de EBSD (difracción por retrodispersión de electrones). Este método se describe, p. ej., en "Desarrollo de un método cuantitativo para la medición del tamaño de grano utilizando EBSD", Master of Science Thesis, Estocolmo 2012, por Fredrik Josefsson.

- 10 Se fabricaron cuchillas ultrasónicas 1 hechas de diferentes composiciones de carburo cementado y se ensayaron frente a una cuchilla ultrasónica según un ejemplo comparativo.

Ejemplo 1

- 15 Se produjo una cuchilla ultrasónica según el Ejemplo 1 en una sola pieza a partir de un material de carburo cementado de 6% en peso de Co, 0,29% en peso de Cr (correspondiente a 0,35% en peso de Cr₃C₂), 0,19% en peso de Mo (correspondiente a 0,2% en peso de Mo₂C), 0,08% en peso de V (correspondiente a 0,1% en peso de VC), resto WC e impurezas inevitables (de menos de 0,1% en peso) según la rutina de producción descrita anteriormente. Por lo tanto, la relación Cr/Co fue de 0,048, la relación Mo/Co fue de 0,032 y la relación (V + Cr)/Co fue de 0,062. Se determinó que el tamaño de grano promedio de los granos de WC era de aproximadamente 0,75 µm. En la Figura 7 se muestra una imagen SEM del material de carburo cementado. Se formó una rosca externa 30 en la parte de sujeción 3 mediante molienda. La rosca externa 30 se basó en una rosca externa ISO estándar métrica M10 con un radio de raíz aumentado R de $R = 0,26 \cdot p$, es decir (dado el paso p de 1,5 mm para M10) un radio de raíz R de 0,39 mm.
- 20

Ejemplo comparativo

- 25 Se produjo una cuchilla ultrasónica como ejemplo comparativo en una sola pieza a partir de un material de carburo cementado que consiste en 10% en peso de Co, 0,42% en peso de Cr (correspondiente a 0,5% en peso de Cr₃C₂), 0,16% en peso de V (correspondiente a 0,2% en peso de VC), resto WC e impurezas inevitables según la rutina de producción descrita anteriormente. El tamaño de grano promedio de los granos de WC fue de aproximadamente 0,7 µm. Se formó una rosca externa ISO estándar métrica M10 en la parte de sujeción 3 mediante molienda.

Ejemplo 2

- 30 Se produjo una cuchilla ultrasónica según el Ejemplo 2 en una sola pieza a partir de un material de carburo cementado de 7,5% en peso de Co, 0,38% en peso de Cr (correspondiente a 0,45% en peso de Cr₃C₂), 0,24% en peso de Mo (correspondiente a 0,25% en peso de Mo₂C), 0,08% en peso de V (correspondiente a 0,1% en peso de VC), resto WC e impurezas inevitables (de menos de 0,1% en peso) según la rutina de producción descrita anteriormente. Por lo tanto, la relación Cr/Co fue de 0,051, la relación Mo/Co fue de 0,032 y la relación (V + Cr)/Co fue de 0,061. Se determinó que el tamaño de grano promedio de los granos de WC era de aproximadamente 0,74 µm. En la Figura 8 se muestra una imagen SEM del material de carburo cementado. Se formó una rosca externa 30 en la parte de sujeción 3 mediante molienda. La rosca externa 30 se basó en una rosca externa ISO estándar métrica M10 con un radio de raíz aumentado R de $R = 0,24 \cdot p$, es decir (dado el paso p de 1,5 mm para M10) un radio de raíz R de 0,36 mm.
- 35

Ejemplo 3

- 40 Se produjo una cuchilla ultrasónica según el Ejemplo 3 en una sola pieza a partir de un material de carburo cementado de 10% en peso de Co, 0,46% en peso de Cr (correspondiente a 0,55% en peso de Cr₃C₂), 0,28% en peso de Mo (correspondiente a 0,3% en peso de Mo₂C), 0,12% en peso de V (correspondiente a 0,15% en peso de VC), resto WC e impurezas inevitables (de menos de 0,15% en peso) según la rutina de producción descrita anteriormente. Por lo tanto, la relación Cr/Co fue de 0,046, la relación Mo/Cr fue de 0,028 y la relación (V + Cr)/Co fue de 0,058. Se determinó que el tamaño de grano promedio de los granos de WC era de aproximadamente 0,74 µm. En la Figura 8 se muestra una imagen SEM del material de carburo cementado. Se formó una rosca externa 30 en la parte de sujeción 3 mediante molienda. La rosca externa 30 se basó en una rosca externa ISO estándar métrica M10 con un radio de raíz aumentado R de $R = 0,24 \cdot p$, es decir (dado el paso p de 1,5 mm para M10) un radio de raíz R de 0,36 mm.
- 45

Ejemplo 4

- 50 Se produjo una cuchilla ultrasónica según el Ejemplo 4 en una sola pieza a partir de un material de carburo cementado de 12% en peso de Co, 0,58% en peso de Cr (correspondiente a 0,67% en peso de Cr₃C₂), 0,31% en peso de Mo (correspondiente a 0,33% en peso de Mo₂C), 0,10% en peso de V (correspondiente a 0,12% en peso de VC), resto WC e impurezas inevitables (de menos de 0,15% en peso) según la rutina de producción descrita anteriormente. Por lo tanto, la relación Cr/Co fue de 0,048, la relación Mo/Cr fue de 0,026 y la relación (V + Cr)/Co fue de 0,057. Se determinó que el tamaño de grano promedio de los granos de WC era de aproximadamente 0,81 µm. Se formó una rosca externa 30 en la parte de sujeción 3 mediante molienda. La rosca externa 30 se basó en una rosca externa ISO estándar métrica M10 con un radio de raíz aumentado R de $R = 0,26 \cdot p$, 1. e. (dado el paso p de 1,5 mm para M10) un radio de raíz R de 0,39 mm.
- 55

Se montaron cuchillas ultrasónicas según el Ejemplo comparativo y los ejemplos 1 a 4 en sonotrodos 10 que tenían una rosca externa ISO estándar métrica M10. Las cuchillas ultrasónicas se ensayaron entonces en duras condiciones de corte cortando material de estructura de panal para la industria aeroespacial. La velocidad de corte se incrementó continuamente hasta que se produjo la rotura de la cuchilla ultrasónica.

- 5 Las cuchillas ultrasónicas según los ejemplos 1 a 4 lograron todas una vida útil sustancialmente mayor en comparación con el Ejemplo comparativo. Asimismo, las cuchillas ultrasónicas según los Ejemplos 1 a 3 dieron como resultado una calidad de superficie aún mejor del material cortado en comparación con el Ejemplo 4, lo que se cree que se debe a la rigidez mejorada de las cuchillas ultrasónicas según los Ejemplos 1 a 3.

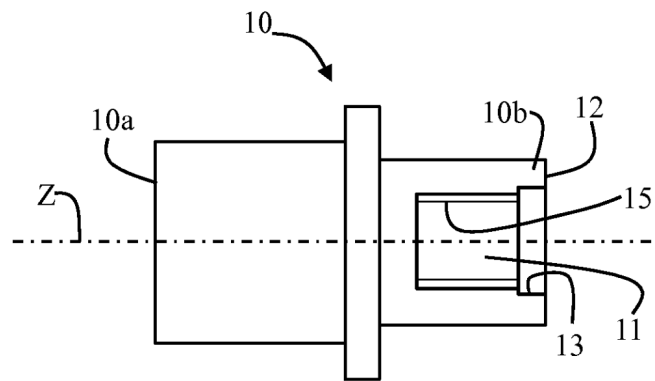
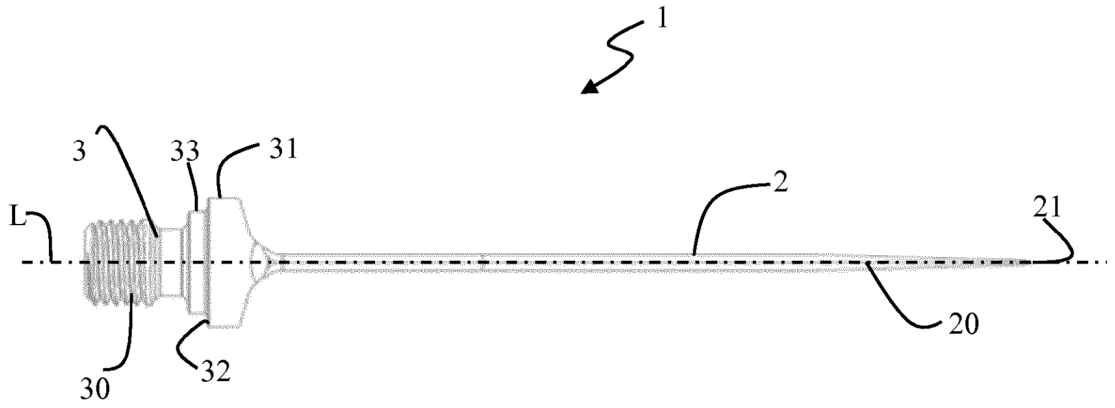
REIVINDICACIONES

1. Una cuchilla ultrasónica (1)
que tiene una parte de corte (2) que comprende al menos un filo (20) y una parte de sujeción (3) que comprende una rosca externa (30) para la conexión a un sonotrodo (10),
- 5 caracterizado por que la parte de corte (2) y la parte de sujeción (3) están formadas en una sola pieza de material de carburo cementado,
en donde el material de carburo cementado comprende partículas duras formadas al menos predominantemente por carburo de wolframio y un aglutinante metálico,
en donde la rosca externa (30) de la sección de sujeción (3) tiene un paso de rosca p y está conformada de tal manera que la raíz (35) de las vueltas de rosca tiene una forma redondeada con un radio de raíz R de $0,2 \cdot p \leq R \leq 0,3 \cdot p$.
- 10 2. Una cuchilla ultrasónica (1)
que tiene una parte de corte (2) que comprende al menos un filo (20) y una parte de sujeción (3) que comprende una rosca externa (30) para la conexión a un sonotrodo (10),
caracterizado por que la parte de corte (2) y la parte de sujeción (3) están formadas en una sola pieza de material de carburo cementado,
en donde el material de carburo cementado comprende partículas duras formadas al menos predominantemente por carburo de wolframio y un aglutinante metálico,
en donde el material de carburo cementado comprende:
5,5-13% en peso de Co, preferiblemente 6,5-11% en peso de Co,
20 un contenido de Cr con una relación Cr/Co en % en peso de $0,04 \leq Cr/Co \leq 0,06$,
un contenido de Mo con una relación de Mo/Co en % en peso de $0,02 \leq Mo/Co \leq 0,04$,
un contenido de V y Cr en relación con Co en % en peso de $0,04 \leq (V + Cr)/Co \leq 0,07$,
impurezas inevitables de en total $\leq 0,15\%$ en peso, y
resto WC.
- 25 3. La cuchilla ultrasónica según la reivindicación 2, en donde la rosca externa (30) de la sección de sujeción (3) tiene un paso de rosca p y está conformada de tal manera que la raíz (35) de las vueltas de rosca tiene una forma redondeada con un radio de raíz R de $0,2 \cdot p \leq R \leq 0,3 \cdot p$.
4. La cuchilla ultrasónica según la reivindicación 1 o la reivindicación 3, en donde el radio de raíz R está en el intervalo $0,24 \cdot p \leq R \leq 0,285 \cdot p$.
- 30 5. La cuchilla ultrasónica según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la rosca externa (30) tiene un diámetro de rosca nominal en el intervalo de 3 mm a 13 mm, preferiblemente entre 5 mm y 10 mm.
6. La cuchilla ultrasónica según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los granos de WC en el material de carburo cementado tienen un tamaño de grano promedio en el intervalo de 0,5-1,2 μm , determinándose el tamaño de grano promedio según el método de "diámetro del círculo equivalente, ECD" a partir de imágenes EBSD, difracción por retrodispersión de electrones.
- 35 7. La cuchilla ultrasónica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la rosca externa (30) está adaptada para cooperar de manera roscada con una rosca interna ISO estándar métrica en un sonotrodo (10).
8. La cuchilla ultrasónica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la rosca externa está adaptada para cooperar de manera roscada con una rosca interna UTS estándar en un sonotrodo (10).
- 40 9. Un sistema de corte ultrasónico que comprende
un sonotrodo (10) para generar oscilaciones ultrasónicas que tiene una rosca interna (15) y
una cuchilla ultrasónica (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,
en donde la rosca externa (30) de la cuchilla ultrasónica (1) se acopla de manera roscada con la rosca interna (15) del sonotrodo (10),

teniendo la rosca interna (15) del sonotrodo un diámetro mínimo D_{\min} definido por las crestas de rosca (15b) de la rosca interna (15),

teniendo la rosca externa (30) de la cuchilla ultrasónica (1) un diámetro de raíz máximo d_{\max} definido por la transición (T) del radio de raíz R a los flancos de rosca (34),

5 en donde $d_{\max} \leq D_{\min}$.



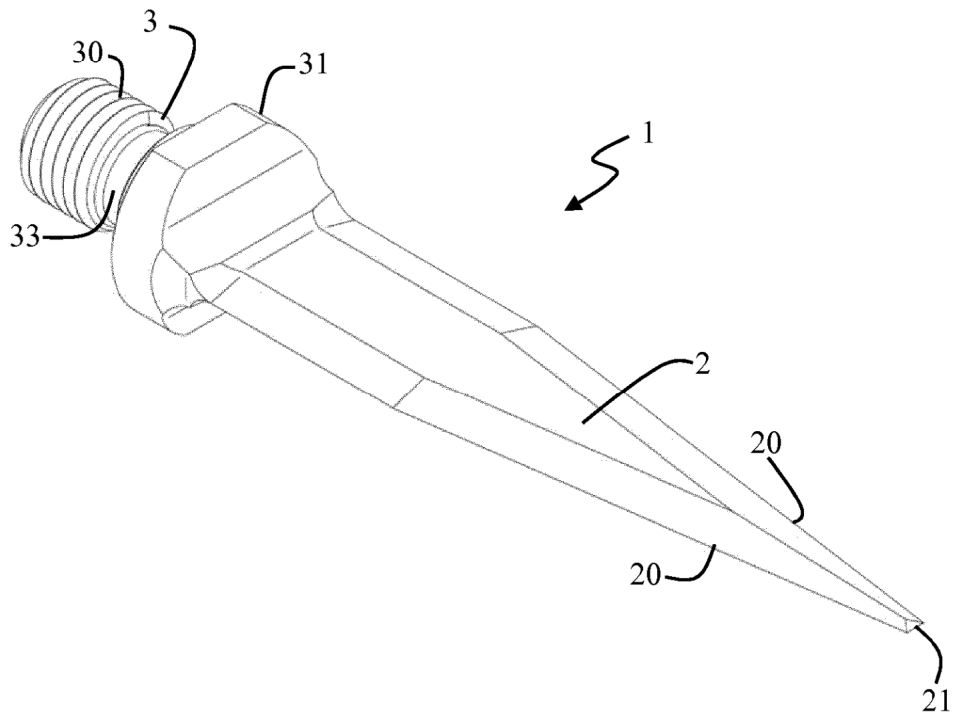


Fig. 3

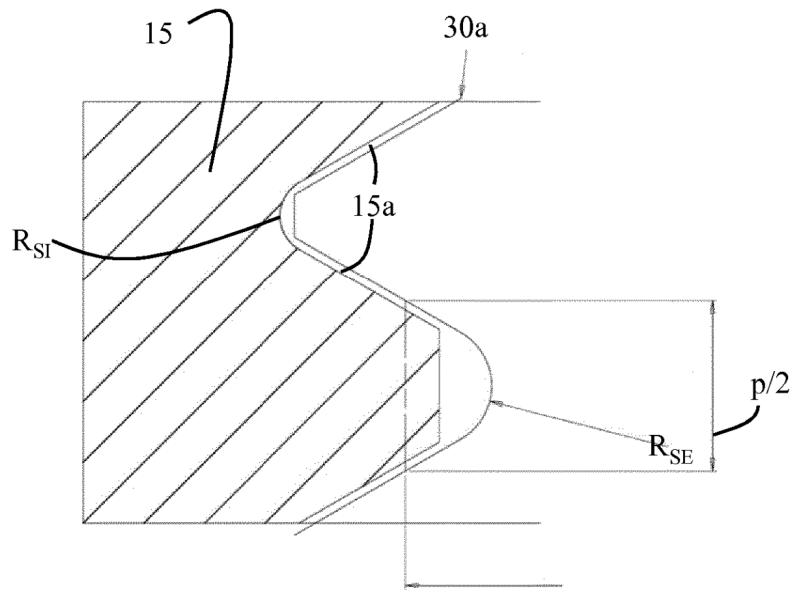


Fig. 4

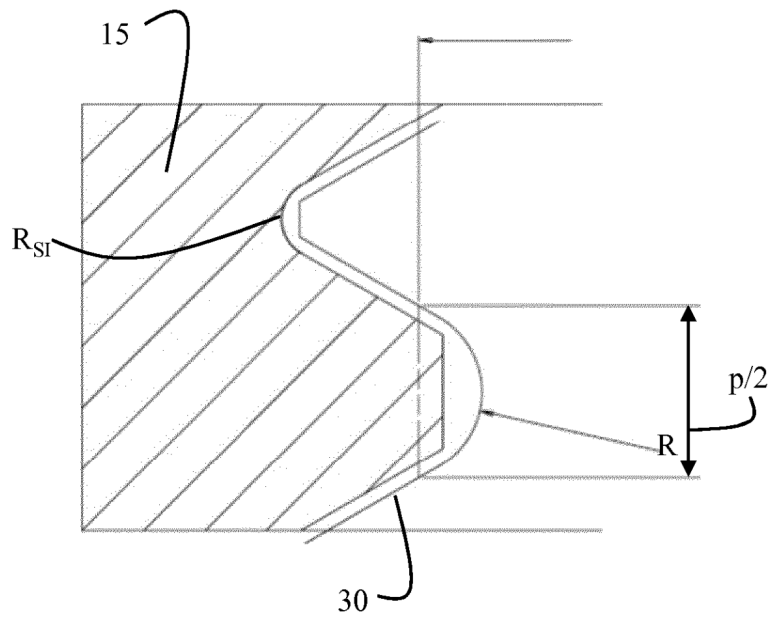


Fig. 5

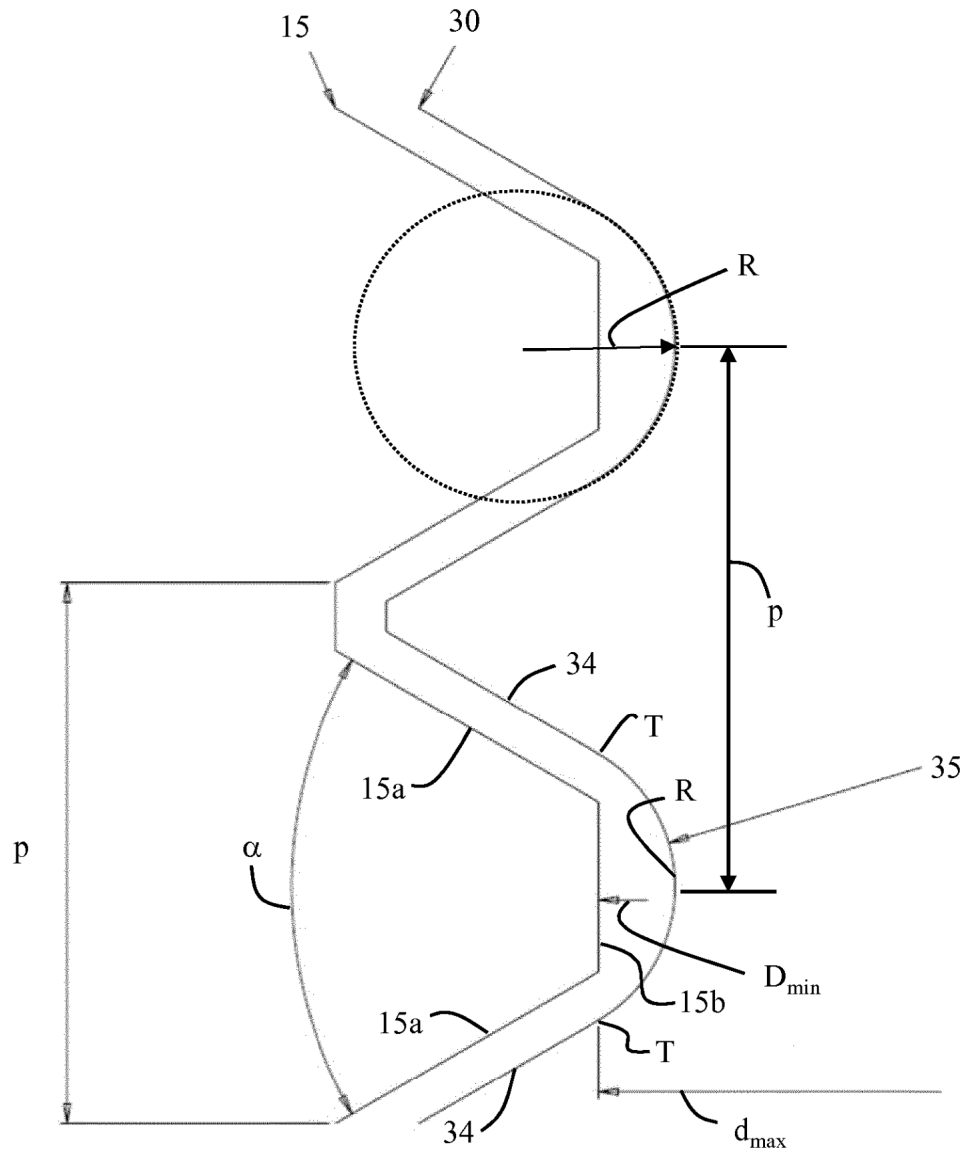


Fig. 6

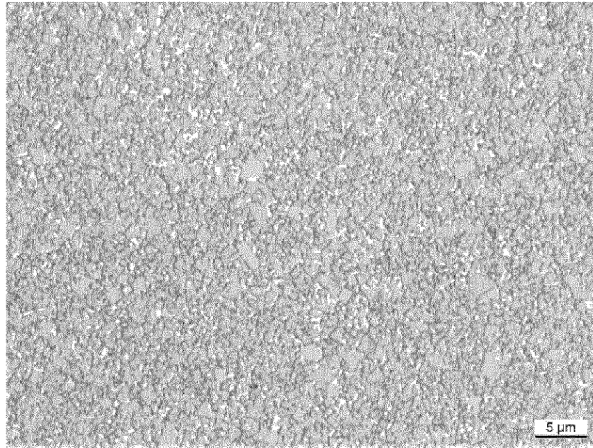


Fig. 7

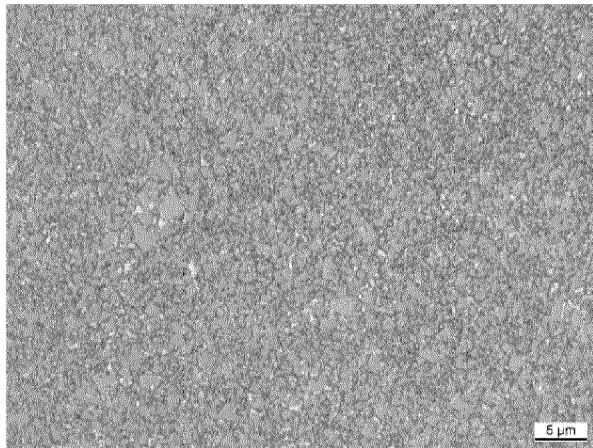


Fig. 8

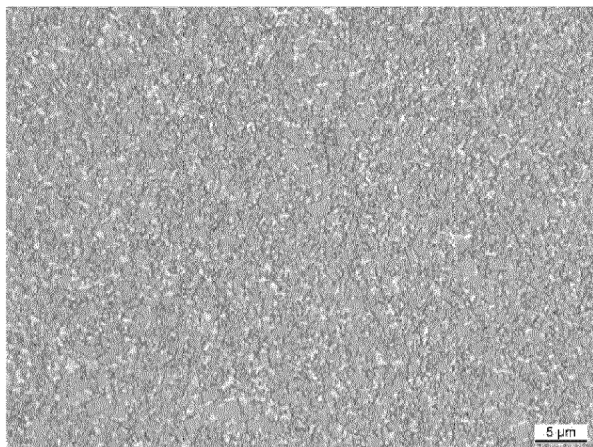


Fig. 9