

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 829 238**

(51) Int. Cl.:

**B21C 3/02** (2006.01)  
**C22C 26/00** (2006.01)  
**C01B 32/25** (2007.01)  
**B01J 3/06** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2016** PCT/JP2016/080933

(87) Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017** WO17073424

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2016** E 16859654 (2)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020** EP 3369492

---

(54) Título: **Herramienta resistente al desgaste**

(30) Prioridad:

**30.10.2015 JP 2015214044**

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

**31.05.2021**

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**SUMIYA, HITOSHI;**  
**SATO, TAKESHI;**  
**YUKAWA, MAKOTO y**  
**SUEIMITSU, BUNYA**

(74) Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 829 238 T3

---

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

**DESCRIPCIÓN**

Herramienta resistente al desgaste

**Campo tecnico**

La presente invención se refiere a una herramienta resistente al desgaste.

**5 Técnica antecedente**

En los documentos siguientes se describe una herramienta convencional resistente al desgaste.

**Lista de citas****Documento de patente**

PTD 1: Patente japonesa abierta a inspección No. 2-232106

10 PTD 2: Patente japonesa abierta a inspección No. 2004-196595  
PTD 3: Publicación internacional WO2008/088048

El documento EP 2 127 769 A1, en el que se basa el preámbulo de la reivindicación 1, divulga una matriz de trefilado resistente al desgaste.

15 El documento WO 2015/166730 A1, que es un documento intermedio, muestra una matriz de trefilado con un diamante policristalino composite como un núcleo, el diamante policristalino composite está conformado de diamante policristalino en el que el diamante en partículas está directamente adherido y el carbono no diamantado.

**Sumario de la invención**

Se propone una herramienta resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 1.

**20 Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama esquemático de una sección transversal de una matriz de trefilado que contiene un diamante monocristalino convencional.

La figura 2A muestra una fotografía de un estado antes del desgaste de la matriz de trefilado que contiene un diamante monocristalino convencional.

25 La figura 2B muestra una fotografía de un estado después del desgaste de la matriz de trefilado que contiene un diamante monocristalino convencional.

La figura 3 es un diagrama que muestra un perfil esquemático de una matriz de trefilado en la presente divulgación empleada en un ejemplo y una matriz de trefilado en un Ejemplo Comparativo.

30 La figura 4 muestra un gráfico que muestra un estado de variación en el diámetro de un alambre trefilado con respecto a una distancia de trefilado cuando el troquel de trefilado de la presente divulgación y los troqueles de trefilado de los Ejemplos Comparativos se utilizan para trefilaro.

La figura 5 muestra un gráfico que muestra un estado de variación en la circularidad de un alambre trefilado con respecto a una distancia de trefilado cuando el troquel de trefilado de la presente divulgación y los troqueles de trefilado de los Ejemplos Comparativos se utilizan para trefilaro.

35 La figura 6 muestra un gráfico que muestra un estado de variación en la rugosidad de superficie de un alambre trefilado con respecto a una distancia de trefilado cuando el troquel de trefilado de la presente divulgación y el troquel de trefilado de los Ejemplos Comparativos se utilizan para trefilaro.

La figura 7A muestra una fotografía de una superficie de un alambre cuando el troquel de trefilado de la presente divulgación se usa para trefilaro en una distancia de trefilado de 60 km.

40 La figura 7B muestra una fotografía de la superficie de un alambre cuando se usa una matriz de trefilado en el Ejemplo 1 Comparativo para trefilaro en una distancia de trefilado de 60 km.

La figura 7C muestra una fotografía de la superficie de un alambre cuando se usa una matriz de trefilado en el Ejemplo 2 Comparativo para trefilaro en una distancia de trefilado de 60 km.

45 La figura 7D muestra una fotografía de la superficie de un alambre cuando se usa una matriz de trefilado en el Ejemplo 3 Comparativo para trefilaro en una distancia de trefilado de 60 km.

La figura 7E muestra una fotografía de la superficie de un alambre cuando se usa una matriz de trefilado en el Ejemplo 4 Comparativo para trefilaro en una distancia de trefilado de 60 km.

**Descripción detallada**

50 Una matriz de trefilado que tiene un perfil como en la figura 1, conformado de diamante monocristalino natural o sintetizado o diamante policristalino, tal como diamante sinterizado o diamante CVD, se ha empleado convencionalmente como troquel de trefilado que representa una de las herramientas resistentes al desgaste para el trefilado de alambres de diversos diámetros, tal como un alambre extremadamente delgado que tenga un diámetro no superior a 50 µm o un alambre que tenga un diámetro grande no inferior a 1 mm. Sin embargo, el diamante monocristalino sufre un desgaste desigual como en la figura 2B, ya que se ve afectado por la orientación del cristal

después del trefilado durante un largo período de tiempo, lo que da como resultado una degradación desventajosa de la circularidad y la rugosidad de superficie de un alambre trefilado. El diamante monocristalino es diferente en el intervalo entre los planos de la red cristalina dependiendo de la orientación y diferente en la densidad de átomos en el plano para cada plano de la red. Por lo tanto, la resistencia al desgaste depende significativamente de la dirección, se produce un desgaste desigual después del trefilado y se degrada la circularidad o la rugosidad de superficie.

Una matriz para trefilar un alambre que tiene una dureza elevada, tal como un alambre de acero inoxidable y un cordón de acero, sufre una fisura debido a la división como resultado de la aplicación de una tensión excesiva al troquel durante el trefilado. Por lo tanto, actualmente, el diamante policristalino se usa generalmente para tales aplicaciones.

El diamante policristalino, por otro lado, tiende a dar lugar a una superficie interior rugosa de una matriz, y tiene baja conductividad térmica y, por lo tanto, su efecto de lubricación tiende a ser bajo. Por lo tanto, un alambre tiende a romperse o una superficie de un alambre tiende a tener fallas.

Un metal del grupo del hierro, tal como Co, Ni o Fe, o cerámicas tales como SiC, está contenido como auxiliar de sinterización o un aglutinante en el diamante policristalino actualmente disponible comercialmente para una herramienta. Dicho diamante policristalino se obtiene sinterizando polvos dediamante junto con un auxiliar de sinterización o un aglutinante en condiciones de alta presión y alta temperatura en las que el diamante es termodinámicamente estable (normalmente, una presión de 5 a 6 GPa y una temperatura de 1300 a 1500°C). Dado que el diamante policristalino contiene aproximadamente un 10 % en volumen de un auxiliar de sinterización o un aglutinante, no se obtiene un orificio que tenga un perfil muy preciso o que tenga una rugosidad de superficie satisfactoria, y el diamante policristalino no es aplicable al trefilado de un alambre que debe tener circularidad y rugosidad de superficie. También se conoce el diamante policristalino producido de forma natural (carbonado o ballas) y algunos se utilizan para una broca de excavación. Sin embargo, dicho diamante policristalino tiene partículas gruesas y también muchos defectos, y también tiene una calidad muy variada. Por tanto, el diamante policristalino no se utiliza para aplicaciones de troquel.

La Patente japonesa abierta a inspección No. 2-232106 (PTD 1) divulga un diamante policristalino para otras herramientas, el diamante policristalino tiene un espesor no inferior a 50 µm, un tamaño de grano de cristal medio no superior a 50 µm, una relación de picos (Y/X) entre el carbono diamantado (X) y el carbono no diamantado (Y) encontrado en el análisis espectroscópico Raman no superior a 0,2, y una resistencia específica no inferior a 107 Ω ·cm. El desgaste debido a microfracturas o desprendimiento de partículas se evita al obtener un diamante policristalino de alta pureza al disminuir significativamente el carbono no diamantado.

La Patente japonesa abierta a inspección No. 2004-196595 (PTD 2) divulga un material sinterizado de diamante composite resistente al calor que tiene una dureza Vickers no inferior a 85 GPa, el material sinterizado composite de diamante resistente al calor está conformado por un material sinterizado de polvos de diamante sintetizados ultrafinos que tienen un tamaño medio de partícula no superior a 200 nm, siendo el material sinterizado un material sinterizado composite conformado de cristales de diamante y una pequeña cantidad de carbono no diamantado generado que se sinteriza en un aparato de ultra alta presión con un procedimiento de compresión estática sin utilizar un auxiliar de sinterización. Con los materiales de partida y el procedimiento de fabricación anterior, las partículas de diamante se deforman plásticamente fácilmente. Mediante el uso de alta energía superficial intrínseca a las pequeñas partículas de diamante como potencia de accionamiento, el material sinterizado de diamante composite resistente al calor se obtiene sin utilizar ningún auxiliar de sinterización. Dado que el material sinterizado composite diamantado resistente al calor contiene una pequeña cantidad de carbono no diamantado, está provisto de conductividad eléctrica y se puede utilizar para el mecanizado por descarga eléctrica.

La publicación internacional WO2008/088048 (PTD 3) divulga una matriz de trefilado que contiene diamante policristalino que consiste sustancialmente en diamante como un núcleo, obteniéndose el diamante policristalino empleando un material de carbono de tipo no diamante como material de partida y convirtiéndolo directamente al sinterizar el material de carbono en diamante sin la adición de un auxiliar de sinterización o un catalizador a una presión y temperatura ultra altas. El diamante policristalino tiene una estructura mixta diamantada fina que tiene un tamaño máximo de partícula no superior a 100 nm y un tamaño medio de partícula no superior a 50 nm y un diamante grueso en forma de placa o partículas con un tamaño mínimo de partícula no inferior a 50 nm y un tamaño máximo de partícula no superior a 10000 nm. El diamante policristalino está provisto de un orificio a través del cual se pasa un alambre a trefilar. El troquel de trefilado hecho de tal diamante policristalino puede tener una alta resistencia al desgaste y menos desgaste desigual o una fractura debido a la división, y por lo tanto puede tener una durabilidad al menos tres veces mayor que un material convencional.

Sin embargo, cuando dicho diamante convencional se usa para una herramienta resistente al desgaste, tal como una matriz o una boquilla o una herramienta de corte, surge un problema como el que se muestra a continuación.

55 Una herramienta resistente al desgaste que contiene un diamante monocristalino sufre un desgaste desigual.

Los ejemplos de diamantes policristalinos incluyen diamante sinterizado que contiene un metal de transición del grupo 4 a 6 tal como Co como un aglutinante, diamante sinterizado que contiene cerámicas tales como SiC como un aglutinante, o diamante CVD policristalino. Una herramienta resistente al desgaste que contiene dicho diamante

produce una rugosidad de superficie gruesa de un objeto mecanizado con él. Los ejemplos de la herramienta resistente al desgaste incluyen una matriz de trefilado. Para suprimir el desgaste de una matriz de trefilado o mejorar la rugosidad de superficie de un alambre mecanizado, se puede hacer el ángulo de reducción más pequeño o se puede aumentar la longitud del cojinete. Sin embargo, al hacerlo, se rompe un alambre. La presente divulgación también resuelve el problema de rotura y proporciona una herramienta resistente al desgaste de alta calidad que logra el desgaste reprimido de una herramienta al hacer un ángulo de reducción más pequeño o alargando un cojinete, logra una vida útil más larga de una herramienta al suprimir la variación en el diámetro del orificio o variación en la circularidad, y es menos probable que se rompa.

5 Aunque el diamante en PTD 3 es policristalino, el tamaño de partícula del diamante es pequeño. Por tanto, aunque 10 puede solucionar el problema de la rugosidad de superficie, es costoso.

Dicho diamante policristalino es de baja conductividad térmica y, por tanto, también es desventajoso por su escasa lubricación. Cuando el diamante se utiliza para otras herramientas resistentes al desgaste, también surge un problema similar.

15 La presente divulgación se realizó para resolver los problemas de la técnica convencional anterior y proporciona una herramienta resistente al desgaste de alta resistencia al desgaste.

Una herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una realización de la presente divulgación incluye diamante policristalino composite como un núcleo, estando diamante policristalino composite compuesto de diamante policristalino en el que partículas diamantadas están directamente adheridas y el carbono no diamantado. El diamante policristalino composite es un material sinterizado composite compuesto de diamante convertido directamente por sinterización en diamante a partir de un material de carbono no diamantado como material de partida sin la adición de un auxiliar de sinterización o un catalizador a una presión y temperatura ultra alta y sin diamante que no se ha convertido o se está convirtiendo.

**[Descripción de la realización de la invención de la presente solicitud]**

Las realizaciones de la invención de la presente solicitud se enumerarán y describirán inicialmente.

25 La invención de la presente solicitud se refiere a una herramienta resistente al desgaste que es una matriz de trefilado para trefilado de un alambre o una boquilla.

Preferiblemente, el diamante policristalino en el diamante policristalino composite es tridimensionalmente continuo en el policristal composite y las partículas primarias tienen un tamaño medio de partícula de 10 a 500 nm. El tamaño medio de partícula en la presente solicitud se encuentra a continuación. Inicialmente, se observa una estructura de 30 material sinterizado de diamante policristalino con un SEM o un TEM. Las partículas individuales (partículas primarias) se extraen mediante el procesamiento de imágenes y se calcula un área de la partícula. Un diámetro con el área asumida como el área de un círculo se define como un tamaño de partícula. Un valor medio de los tamaños de partícula de las partículas por unidad de área (por ejemplo, 50 µm x 50 µm) se define como un tamaño medio de partícula.

35 Preferiblemente, una relación del carbono no diamantado en todo el diamante policristalino composite es igual o superior al 0,05 % en relación en volumen. La relación es más preferiblemente de 0,05 a 40 %, más preferiblemente de 0,05 a 20 % y más preferiblemente de 1 a 15 %. El valor numérico se calcula como "un volumen de carbono no diamantado)/(un volumen de carbono no diamantado + un volumen de diamante policristalino)". La relación entre un volumen de carbono no diamantado y un volumen de diamante policristalino se calcula en una expresión a continuación, encontrando cada volumen con un procedimiento de difracción de rayos X.

40 
$$(Volumen de carbono no diamantado)/(volumen de carbono no diamantado + volumen de diamante policristalino)$$

Preferiblemente, el carbono no diamantado en el diamante policristalino composite es carbono similar al grafito.

Preferiblemente, el carbono no diamantado en el diamante policristalino composite es grafito comprimido.

45 Preferiblemente, en la herramienta resistente al desgaste que contiene el diamante policristalino composite como el núcleo, el carbono no diamantado se dispersa en una superficie de la misma que funciona para el mecanizado y una relación (un área de carbono no diamantado/un área de la superficie que funciona para el mecanizado) es igual o superior al 0,05 %. La relación es más preferiblemente de 0,05 a 40 % y más preferiblemente de 0,05 a 20 %. La relación de una porción no diamantada se calcula en una expresión a continuación, observando una estructura de material sinterizado de diamante policristalino con un SEM y distinguiendo una porción diamantada y la porción no diamantada entre sí mediante el procesamiento de imágenes (procesamiento binario) en una imagen SEM de la

estructura.

(área de carbono no diamantado)/(área de carbono no diamantado + área de diamante policristalino)

Preferiblemente, se proporciona un orificio en el diamante policristalino composite, se forma en el orificio una superficie que funciona para el mecanizado y la superficie que funciona para el mecanizado tiene una rugosidad de superficie

5 Sa no menor de 1 nm y no mayor de 300 nm. Preferiblemente, una porción de cojinete de un orificio provisto en el diamante policristalino composite tiene una circularidad no mayor de 0,2  $\mu\text{m}$ . La circularidad en la presente solicitud se refiere a una diferencia entre un diámetro máximo y un diámetro mínimo en la medida de un diámetro de un alambre que se trefila a través de una matriz en cada dirección alrededor de 360°. La rugosidad de superficie Sa se define en la norma ISO 25178.

10 Preferiblemente, un ángulo de reducción de un perfil de orificio es de 3 a 20°. Dependiendo del tipo de alambre, más preferiblemente, el ángulo de reducción es de 7 a 15° en el trefilado de un alambre de oro, de 7 a 15° en el trefilado de un alambre de cobre, de 6 a 13° en el trefilado de alambre de tungsteno, de 6 a 13° en el trefilado de un alambre de acero inoxidable, y de 6 a 13° en el trefilado de un cordón de acero.

15 De acuerdo con la invención, la longitud de una porción de cojinete no es menor que 0,2D ni mayor que 1,0D donde D representa un diámetro de la porción de cojinete.

20 Cuando el diámetro es menor que 0,2D, el mecanizado de un alambre puede ser insuficiente y, por lo tanto, el diámetro se establece en 0,2D o mayor. Cuando el diámetro excede 1,0D, es probable que se rompa un alambre y el suministro de lubricante a un cojinete es insuficiente y, en consecuencia, un alambre puede tener fallas o se puede acelerar el desgaste de una porción de cojinete. Por lo tanto, el diámetro se establece en 1,0D o menor. "Puede ser" significa la posibilidad, aunque sea mínima, y no significa alta probabilidad.

Una matriz de trefilado de este tipo se usa preferiblemente con una relación de reducción de área de la misma que se establece entre el 10 y el 30 %.

25 De acuerdo con la herramienta resistente al desgaste, es menos probable que se degrade la circularidad de un orificio y se puede mantener una buena circularidad durante mucho tiempo. La presencia de carbono no diamantado, tal como el carbono similar al grafito, y la impregnación del carbono no diamantado con un lubricante mejora la lubricación y reduce la resistencia durante el mecanizado.

#### **[Detalles de la realización de la invención de la presente solicitud]**

30 Cuando se sinteriza carbono no diamantado como material de partida a 100.000 presiones atmosféricas a una temperatura no inferior a 2000°C, se obtiene un material sinterizado de diamante policristalino composite que tiene una estructura tal que el carbono no diamantado relativamente grueso tiene un tamaño medio de partícula, por ejemplo, de 600 nm se dispersa en una matriz de partículas de diamante muy finas que tiene un tamaño medio de partícula, por ejemplo, de 400 nm.

35 Preferiblemente, el diamante en partículas tiene un tamaño medio de partícula no mayor de 1000 nm y el carbono no diamantado tiene un tamaño medio de partícula no mayor de 2000 nm. Un tamaño medio de partícula que excede este intervalo puede conducir particularmente a la degradación de la resistencia al desgaste o la resistencia al astillado en una porción de carbono no diamantado. Desde el punto de vista de la mejora de la resistencia al desgaste o la resistencia al astillado, preferiblemente, el diamante en partículas tiene un tamaño medio de partícula no superior a 500 nm y el carbono no diamantado tiene un tamaño medio de partícula no superior a 700 nm.

40 Una cápsula hecha de un metal tal como Mo se llena con carbono no diamantado como material de partida. Cuando se utiliza carbón fino triturado, se debe realizar una operación de llenado con un gas inerte de alta pureza. Se utiliza un aparato de generación de temperatura y presión ultra alta que puede aplicar una presión isotrópica o una presión hidrostática, tal como un aparato de presión ultra alta de tipo multi-yunque o un aparato de presión ultra alta de tipo correa, para sujetar la cápsula durante un período prescrito de tiempo a una temperatura no inferior a 2000°C y a 100.000 presiones atmosféricas. Parte del carbono no diamantado se convierte directamente en partículas diamantadas y se sinteriza simultáneamente. Se obtiene así un material sinterizado de diamante policristalino composite en el que partículas diamantadas tienen un tamaño medio de partícula no superior a 1000 nm y el carbono no diamantado tiene un tamaño medio de partícula no superior a 2000 nm.

45 El material sinterizado de diamante policristalino composite que tiene una estructura tal que el carbono no diamantado se dispersa en una matriz diamantada en partículas se obtiene así de una manera estable.

50 También se obtiene un material sinterizado de diamante policristalino composite que tiene una estructura similar estableciendo una tasa de calentamiento de 100 a 1000°C/minuto en el tratamiento anterior a alta presión y alta temperatura utilizando grafito como material de partida.

Como resultado de un efecto de combinación de partículas de diamante que tienen un tamaño de partícula promedio no mayor de 1000 nm y carbono no diamantado que tiene un tamaño medio de partícula no mayor de 2000 nm, la resistencia al desgaste y la resistencia al astillado mejoran y la variación en las características también es menor.

5 Con el diamante policristalino composite que se emplea como un núcleo, se proporciona un orificio en el mismo utilizando láser y se pule una superficie del orificio. La rugosidad de superficie  $S_a$  de la superficie pulida del orificio no es inferior a 1 nm ni superior a 300 nm. Con tal rugosidad de superficie, la resistencia en el trefilado a través de una matriz de trefilado se suprime durante el trefilado y una cantidad de desgaste de la matriz de trefilado también es pequeña, de modo que se mejora la vida útil de la matriz de trefilado. Además, a pesar de que el troquel de trefilado 10 está hecho de diamante policristalino de alta resistencia al desgaste, su pulido es relativamente fácil y su mecanizado se puede realizar en un corto período de tiempo.

Como resultado del mecanizado a través de tal mecanizado láser y pulido de manera que el orificio tenga una circularidad no superior a 0,2  $\mu\text{m}$  en la observación de una sección transversal de una porción de cojinete, se obtiene un alambre de alta precisión y alta calidad y un se puede obtener una matriz que tenga una vida útil prolongada.

#### (Ejemplo 1)

15 La figura 3 es un diagrama que muestra un perfil esquemático de una matriz de trefilado en la presente divulgación empleada en un ejemplo y una matriz de trefilado en un ejemplo comparativo. Con referencia a la figura 3, el diamante 1 tiene una entrada 11 y una salida 12 y está provisto de un orificio 14 que se extiende desde la entrada 11 a la salida 12. El diamante 1 tiene una porción 1a de campana, una porción 1b de enfoque, una porción 1c de reducción, una porción 1d de cojinete, una porción 1e de relieve posterior y una porción 1f de salida desde un lado de la entrada 11. 20 Al proporcionar el orificio 14 en el diamante 1, se inserta un alambre desde el lado de la entrada 11 y se tira hacia la salida 12.

La inclinación de una pared 13 lateral varía gradualmente con respecto a un eje 15 definido como eje central. En la sección transversal mostrada en la figura 3, el orificio 14 está construido para ser simétrico con respecto al eje 15. El orificio tiene un diámetro reducido hacia la porción 1d de cojinete. La inclinación de la pared 13 lateral que define el orificio 14 es menor hacia la porción 1d de cojinete y un ángulo formado entre la pared 13 lateral y el eje 15 es menor hacia la porción 1d de cojinete. Una superficie curva que define un límite entre la porción 1d de cojinete y la porción 1c de reducción está definida por una combinación de curvas suaves. Un diámetro interior del orificio 14 en la porción 1d de cojinete se indica como D. La porción 1e de relieve posterior continua a la porción 1d de cojinete, donde se incrementa el diámetro del orificio, se proporciona y la porción de salida si está definida por una curva se proporciona en el lateral de la salida 12. 30

El diamante 1 está provisto de una primera superficie 5 perpendicular al eje 15 en el lado de la entrada 11 y con una segunda superficie 6 perpendicular al eje 15 en el lado de la salida 12. Un ángulo de abertura (un ángulo de reducción) de la porción 1c de reducción es preferiblemente de 3 a 20°. La porción 1d de cojinete tiene una longitud no menor de 0,2D ni mayor de 1,0D.

35 El troquel de trefilado se emplea como una herramienta ejemplar resistente al desgaste. Se llenó una cápsula de Mo con polvos de grafito altamente cristalinos que tenían un tamaño de partícula de 0,05 a 10  $\mu\text{m}$  y una pureza no inferior al 99,95 % como material diamantado para ser utilizado para el troquel de trefilado, y la cápsula se selló herméticamente. La cápsula se trató durante 30 minutos bajo diversas condiciones de presión y temperatura con el uso de un aparato de generación de presión ultra alta. Se identificó una fase generada de una muestra obtenida 40 mediante difracción de rayos X y se examinó el tamaño de partícula de las partículas constituyentes mediante observación con un SEM.

Tabla 1

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura (°C)	2400	2200	2300
Presión (GPa)	11	14	13
Proporción de fase de carbono no diamantado (% en volumen)	35	0,5	15
Tamaño medio de partícula de diamante (nm)	450	50	150
Tamaño medio de partícula de carbono sin diamante (nm)	1500	100	650
Dureza Knoop (GPa)	55	95	75

En base a los resultados, un material sinterizado de diamante policristalino composite que tiene una estructura tal que el carbono no diamantado tiene un tamaño medio de partícula no superior a 2000 nm se dispersa en una matriz de partículas diamantadas que tiene un tamaño medio de partícula no superior a 1000 nm obtenido de manera estable.

5 Se fabricó una matriz de trefilado de la presente divulgación que contiene el diamante anterior y troqueles de trefilado que contienen diversos materiales diamantados convencionales y se llevó a cabo una prueba de trefilado. El diamante policristalino como la muestra 3 que se muestra en la tabla 1 entre los materiales diamantados se emplea como material diamantado a utilizar para el troquel de trefilado en la presente divulgación. Cuatro tipos que son diamante sinterizado ultrafino sin aglutinante (ejemplo 1 comparativo) descrito en PTD 3, diamante sinterizado con un tamaño medio de partícula de 1  $\mu\text{m}$  (ejemplo 2 comparativo), diamante sinterizado con un tamaño medio de partícula de 1  $\mu\text{m}$  del que se ha obtenido un aglutinante (ejemplo 3 comparativo), y el diamante monocristalino sintetizado a alta presión (ejemplo 4 comparativo) se emplean como materiales diamantados para ser usados para los troqueles de trefilado en los ejemplos comparativos.

10 Con respecto al perfil del orificio de la matriz antes del trefilado en cada uno de los ejemplos 1 a 4 comparativos de la presente divulgación, el diámetro del orificio (un diámetro del cojinete D) se establece en 80  $\mu\text{m}$ , la circularidad de la porción de cojinete no es mayor que 0,2  $\mu\text{m}$ , una longitud de la porción de cojinete es 0,3D, un ángulo de reducción (un ángulo de abertura en la porción 1c de reducción) es de 10 a 12°, y una superficie que funciona para el mecanizado tiene una rugosidad de superficie  $\text{Sa}$  de 14 nm.

15 Con respecto a una condición de prueba, el trefilado se realizó con un alambre de acero inoxidable (SUS304) que tenía un diámetro de 86,6  $\mu\text{m}$  que se empleaba como alambre para ser trefilado y con una relación de reducción de área establecida en 14 %. Dado que los cinco tipos de troqueles son ligeramente diferentes en el diámetro del orificio inicial entre sí, se emplea un alambre de acero inoxidable que tiene un diámetro mayor en aproximadamente 6  $\mu\text{m}$  que el diámetro del orificio inicial como alambre para trefilar.

20 Se midió un diámetro del alambre trefilado con un procedimiento a continuación, y con ese diámetro definido como el diámetro del orificio de la matriz, se observó una variación en el diámetro. Se definió como circularidad una diferencia entre un diámetro máximo y un diámetro mínimo obtenida en la medición de un diámetro del alambre trefilado a través de la matriz en cada dirección alrededor de 360°. En el procedimiento de medición de un diámetro del alambre trefilado, se utilizó un instrumento de medición del diámetro del alambre (LDSN) fabricado por CERSA, el trefilado se interrumpió cada vez que se realizó un trefilado de 1 km y se determinó el diámetro del alambre trefilado, medido en 250 puntos alrededor de 360°. Un valor promedio de los valores de medición obtenidos en los 250 puntos se definió como el diámetro del orificio de la matriz y la diferencia entre un valor máximo y un valor mínimo se calculó como circularidad. 25 Las figuras 4 y 5 muestran gráficos obtenidos al trazar estos valores numéricos. La rugosidad de superficie del alambre se midió en una dirección circunferencial sobre una superficie del alambre con un instrumento de medición de la rugosidad de superficie. Una longitud sometida a medición se fijó en 40  $\mu\text{m}$ , y la figura 6 muestra un gráfico obtenido trazando los valores de medición. Una curva en el gráfico es una curva de aproximación en base a un procedimiento de mínimos cuadrados.

30 El gráfico de la figura 4 muestra la variación en el diámetro del orificio de la matriz con respecto a una distancia de trefilado y el gráfico de la figura 5 muestra la variación en la circularidad de un orificio de la matriz con respecto a la distancia de trefilado. En base a los resultados, el troquel de trefilado en el ejemplo 4 comparativo es al menos tres veces más alta en tasa de variación en el diámetro del orificio que el troquel de trefilado en la presente divulgación, y 35 los ejemplos 1 a 3 comparativos son similares en tasa de variación en el diámetro del orificio a la presente divulgación. La circularidad de la matriz de trefilado en cada uno de los ejemplos 1 a 3 comparativos y de la presente divulgación apenas varió, mientras que la circularidad de el troquel de trefilado en el ejemplo 4 comparativo varió significativamente. Se pudo confirmar que el troquel de la presente divulgación era excelente en durabilidad que el troquel de trefilado convencional que contiene un diamante monocristalino sintetizado a alta presión.

40 45 El gráfico de la figura 6 muestra la variación en la rugosidad de superficie de un alambre con respecto a una distancia de trefilado y las figuras 7A a 7E muestran cada uno una fotografía de la superficie de un alambre trefilado en un momento en el que la distancia del trefilado era de 60 km. Se encontró que el troquel de trefilado de la presente divulgación era mejor que los troqueles de trefilado de los ejemplos comparativos porque era menos probable que la rugosidad de superficie del alambre se degradara incluso después de que se continuara el trefilado.

50 55 Se puede ver en los resultados anteriores que, en base a una diferencia en la variación en el diámetro, circularidad y rugosidad de superficie de un alambre como resultado del trefilado, el troquel de trefilado en la presente divulgación es mejor en resistencia al desgaste, calidad del alambre y coste que los troqueles de trefilado convencionales, y es económico y también tiene menos variación en la circularidad, de modo que se puede realizar con él un trefilado de alta calidad y alta precisión durante un largo período de tiempo.

#### 55 **(Ejemplo 2)**

En el ejemplo 2, se usó y evaluó una matriz con cada número de muestra en la tabla 2 en base a la variación de un orificio (diámetro y circularidad del orificio), rugosidad de superficie de un alambre trefilado y una condición de ocurrencia de rotura.

Se hizo un alambre trefilado de SUS304 con un diámetro de  $\varphi$  86,6  $\mu\text{m}$ , el diámetro de un orificio de la matriz se fijó en  $\varphi$  80,2  $\mu\text{m}$ , un ángulo de reducción (un ángulo de abertura) se fijó en  $8^\circ$ , la longitud del cojinete se estableció en 1,0D, se estableció una relación de reducción de área en 14 %, se estableció una tasa de trefilado de alambre en 600 m/min. y no se utilizó lubricante. La tabla 2 muestra los resultados.

5

Tabla 2

Número de muestra	Características de troquel diamantado	Resultado (trefilado en 60 km que se evalúa con índice)				Observaciones
		Variación en diámetro del orificio	Variación en circularidad	Rugosidad de la superficie del alambre	Condición de rotura	
11	Que contiene diamante policristalino en el que partículas diamantadas con un tamaño de partícula de 100 nm están directamente adheridas y un 10% en volumen de grafito comprimido como carbono no diamantado	100	100	100	A	
12	PCD (catalizador restante entre partículas diamantadas)	263	111	474	C	Ejemplo comparativo
13	Cristal diamantado único sintetizado de alta presión	716	417	284	B	Ejemplo comparativo
14	Que consiste en diamante policristalino, sin contener carbono no diamantado	73	96	106	C	Ejemplo comparativo

Se evaluó una "condición de rotura" como A cuando un alambre no se rompió durante el trefilado en 60 km, como B cuando un alambre se rompió una o dos veces durante el trefilado en 60 km, y como C cuando un alambre fue roto tres veces o más durante el trefilado en 60 km, lo que también es aplicable a otros ejemplos.

10 Se encontró que una matriz diamantado que tenía un número 11 de muestra lograba un rendimiento excelente.

**(Ejemplo 3)**

En el ejemplo 3, se usó y evaluó una matriz con cada número de muestra en la tabla 3 en base a la variación de un orificio (un diámetro y circularidad del orificio), la rugosidad de superficie de un alambre trefilado y una condición de ocurrencia de rotura. Los números 21 a 25 de muestra incluyen un diamante policristalino composite como un núcleo, el diamante policristalino composite que contiene un diamante policristalino en el que partículas diamantadas se adhieren directamente y se comprime grafito como carbono no diamantado. La tabla 3 muestra un tamaño medio de partícula de partículas primarias de diamante.

20 Se hizo un alambre trefilado de SUS304 con un diámetro de  $\varphi$  86,6  $\mu\text{m}$ , el diámetro de un orificio de la matriz se estableció en  $\varphi$  80,2  $\mu\text{m}$ , un ángulo de reducción (un ángulo de abertura) se estableció en  $8^\circ$ , la longitud del cojinete se estableció en 1,0D, una relación de reducción de área se estableció en 14 %, y una tasa de trefilado se estableció en 1000 m/min. El ejemplo 3 y los ejemplos subsiguientes adoptaron condiciones de una tasa de trefilado más severa que en el ejemplo 2. No se utilizó lubricante. La tabla 3 muestra los resultados.

Tabla 3

Número de muestra	Tamaño medio de partícula de partículas primarias (nm)	Resultado (trefilado en 60 km que se evalúa con índice)				Observaciones
		Variación en diámetro del orificio	Variación en circularidad	Rugosidad de la superficie del alambre	Condición de rotura	
21	10 nm	74	99	108	A	
22	500 nm	126	108	108	A	
23	250 nm	100	100	100	A	
24	8 nm	68	98	106	B	
25	600 nm	133	110	111	A	
26	Que consiste en diamante policristalino, sin contener carbono no diamantado	70	96	110	C	Ejemplo comparativo

En la tabla 3 se encontró que, con un tamaño medio de partícula de las partículas primarias ajustado a 10 a 250 nm, se obtuvieron excelentes resultados incluso en condiciones severas de trefilado.

#### 5 (Ejemplo 4)

En el ejemplo 4, se usó y evaluó una matriz que tenía con cada número de muestra en la tabla 4 en base a la variación de un orificio (un diámetro y circularidad del orificio), la rugosidad de superficie de un alambre trefilado y una condición de ocurrencia de rotura. Los números 31 a 35 de muestra incluyen el diamante policristalino composite como un núcleo, el diamante policristalino composite que contiene el diamante policristalino en el que partículas diamantadas se adhieren directamente y se comprime grafito como carbono no diamantado en una relación de volumen que se muestra en la tabla 4.

Se fabricó un alambre trefilado de SUS304 con un diámetro de  $\varphi 86,6 \mu\text{m}$ . El diámetro de un orificio de la matriz se estableció en  $\varphi 80,2 \mu\text{m}$ , el ángulo de reducción (un ángulo de abertura) se estableció en  $8^\circ$ , la longitud del cojinete se estableció en 1,0D, la relación de reducción de área se estableció en 14 %, una tasa de alambre trefilado se estableció a 1000 m/min, y no se utilizó lubricante. La tabla 4 muestra los resultados.

Tabla 4

Número de muestra	Relación de volumen de grafito comprimido	Resultado (trefilado en 60 km que se evalúa con índice)				Observaciones
		Variación en diámetro del orificio	Variación en circularidad	Rugosidad de la superficie del alambre	Condición de rotura	
31	0,03 %	77	96	110	B	
32	0,05 %	69	97	106	A	
33	1 %	86	99	103	A	
34	15 %	100	100	100	A	
35	20 %	101	104	105	A	
36	Que consiste en diamante policristalino, sin contener carbono no diamantado	70	96	110	C	Ejemplo comparativo

Se encontró en la tabla 4 que, con una relación de grafito comprimido que se estableció en 0,05 a 20 %, se obtuvieron excelentes resultados incluso en condiciones severas de trefilado.

**(Ejemplo 5)**

En el ejemplo 5, se usó y evaluó una matriz que tenía con cada número de muestra en la tabla 5 en base a la variación de un orificio (diámetro y circularidad del orificio), rugosidad de superficie de un alambre trefilado y una condición de ocurrencia de rotura. Los números 41 a 45 de muestra incluyen un diamante policristalino composite como un núcleo,

5 el diamante policristalino composite que contiene un diamante policristalino en el que partículas diamantadas se adhieren directamente y se comprime grafito como carbono no diamantado. La tabla 5 también muestra una relación de área de grafito comprimido en una porción de cojinete.

Se fabricó un alambre trefilado de SUS304 que tenía un diámetro de  $\varphi$  86,6  $\mu\text{m}$ . El diámetro de un orificio de la matriz se estableció en  $\varphi$  80,2  $\mu\text{m}$ , el ángulo de reducción (ángulo de abertura) se estableció en  $8^\circ$ , la longitud del cojinete se estableció en 1,0D, la relación de reducción de área se estableció en 14 %, una tasa de trefilado se estableció a 1000 m/min, y no se utilizó lubricante. La tabla 5 muestra los resultados.

Tabla 5

Número de muestra	Relación de área de grafito comprimido (%)	Resultado (trefilado en 60 km que se evalúa con índice)			
		Variación en diámetro del orificio	Variación en circularidad	Rugosidad de la superficie del alambre	Condición de rotura
41	0,03	78	97	108	B
42	0,05	70	98	105	A
43	5	100	100	100	A
44	20	103	106	105	A
45	30	113	109	111	A

15 En la tabla 5 se encontró que un área de grafito comprimido era preferiblemente no menor que 0,05 % y más preferiblemente de 0,05 % a 20 %.

**(Ejemplo 6)**

En el ejemplo 6, se usó y evaluó una matriz que tenía con cada número de muestra en la tabla 6 en base a la variación de un orificio (un diámetro y circularidad del orificio) y una condición de aparición de rotura. Los números 51 a 58 de muestra incluyen el diamante policristalino composite como un núcleo,

20 el diamante policristalino composite que contiene el diamante policristalino en el que partículas diamantadas están adheridas directamente y el 10 % en volumen de grafito comprimido como carbono no diamantado. Se hizo un alambre trefilado de SUS304 con un diámetro de  $\varphi$  86,6  $\mu\text{m}$ . El diámetro de un orificio de la matriz se estableció en  $\varphi$  80,2  $\mu\text{m}$ , la longitud del cojinete se estableció en 1,0D, la relación de reducción de área se estableció en el 14 %, la tasa de trefilado se estableció en 1000 m/min, y no se utilizó lubricante. La tabla 6 muestra los resultados.

25

Tabla 6

Número de muestra	Ángulo de reducción ( $^\circ$ )	Resultado (trefilado en 60 km que se evalúa con índice)	
		Variación en diámetro del orificio	Condición de rotura
51	2	74	B
52	3	79	A
53	7	90	A
54	8	100	A
55	10	102	A
56	14	108	A
57	20	116	A
58	22	132	B

En la tabla 6 se encontró que un ángulo de reducción era preferiblemente de 3 a 20°.

**(Ejemplo 7)**

En el ejemplo 7, se usó evaluó una matriz que tenía cada número de muestra en la tabla 7 en base a la variación de un orificio (un diámetro y circularidad del orificio), la rugosidad de superficie de un alambre trefilado y una condición de ocurrencia de rotura. Los números 61 a 65 de muestra incluyen diamante policristalino composite como un núcleo, diamante policristalino composite que contiene diamante policristalino en el que partículas diamantadas están directamente adheridas y 10 % en volumen de grafito comprimido como carbono no diamantado. Se hizo un alambre trefilado de SUS304 con un diámetro de  $\varphi$  86,6  $\mu\text{m}$ . El diámetro de un orificio de la matriz se estableció en  $\varphi$  80,2  $\mu\text{m}$ , un ángulo de reducción (un ángulo de abertura) se estableció en 8°, una relación de reducción de área se estableció en 14 %, la tasa de trefilado se estableció en 1000 m/min, y no se utilizó lubricante. La tabla 7 muestra los resultados.

Tabla 7

Número de muestra	Longitud del cojinete	Resultado (trefilado en 60 km que se evalúa con índice)			
		Variación en diámetro del orificio	Variación en circularidad	Rugosidad de la superficie del alambre	Condición de rotura
61	0,1D	122	107	104	A
62	0,2D	110	105	103	A
63	0,6D	100	100	100	A
64	1,0D	94	97	98	A
65	1,2D	89	96	96	B

En la tabla 7 se encontró que una longitud del cojinete era preferiblemente de 0,2D a 1,0D.

15 Puede verse que se puede proporcionar una herramienta resistente al desgaste que es excelente en circularidad y puede evitar un desgaste desigual. Esta herramienta resistente al desgaste contiene un material de diamante policristalino firme fabricado con adhesión directa y contiene grafito, y también es excelente en lubricación.

20 Aunque se ha descrito anteriormente una realización de la presente invención, la realización mostrada aquí puede modificarse de diversas formas. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con la presente divulgación se puede usar no solo para una matriz de trefilado, sino también para una matriz de compactación, una matriz de recorte (que recorta una superficie de un alambre con una cuchilla interna de diamante en un procedimiento intermedio de trefilado severo para un estado de superficie), una matriz de estañado (un material de titanio que se usa para una carcasa con el fin de presionar el pegado de estaño a la carcasa), un cabezal en cruz (utilizado para una resina revestida sintetizada para un alambre de cobre en punta), una boquilla de chorro de agua, una herramienta de corte de alambre, una boquilla de empuje de varilla redonda de cerámica, una mina de lápiz mecánico, una boquilla secadora por pulverización y una matriz hidráulica. En una matriz de trefilado, varias formas tales como una forma anular, una forma cuadrangular, una forma de pista (una forma similar a una pista de atletismo definida por un par de líneas rectas paralelas y un par de arcos opuestos que conectan las porciones finales de las líneas rectas), se puede adoptar una forma de cinta y una forma hexagonal como una forma de orificio.

25 30 Debe entenderse que la realización divulgada en la presente memoria es ilustrativa y no restrictiva en todos los aspectos. El alcance de la presente invención se define mediante las expresiones de las reivindicaciones, en lugar de la realización anterior, y se pretende que incluya cualquier modificación dentro del alcance y significado equivalente a las expresiones de las reivindicaciones.

**Lista de señales de referencia**

35 1 diamante; 1a porción de campana; 1b porción de enfoque; 1c porción de reducción; 1d porción de cojinete; 1e porción de relieve posterior; 1f porción de salida; 2 carcasa; 11 entrada; 12 salida; 13 pared lateral; 14 orificio; y 15 ejes

## REIVINDICACIONES

1. Una herramienta resistente al desgaste es una matriz (1) de trefilado que comprende diamante policristalino composite como un núcleo, estando compuesto el diamante policristalino composite de diamante policristalino en el que partículas diamantadas están directamente unidas, estando la herramienta resistente al desgaste **caracterizada porque**, el diamante policristalino composite también está compuesto de carbono no diamantado, y **porque**, la longitud de una porción (1d) de cojinete no es menor que 0,2D y no mayor que 1,0D donde D representa un diámetro de la porción (1d) de cojinete de un perfil del orificio (14).
- 5 2. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el diamante policristalino en el diamante policristalino composite es tridimensionalmente continuo en el policristal composite y las partículas primarias tienen un tamaño medio de partícula de 10 a 500 nm.
- 10 3. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que una relación del carbono no diamantado en el diamante policristalino composite es igual o superior al 0,05 % en relación de volumen.
- 15 4. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el carbono no diamantado es carbono similar al grafito.
- 5 5. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el carbono no diamantado en el diamante policristalino composite es grafito comprimido.
- 20 6. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que en la herramienta resistente al desgaste que comprende el diamante policristalino composite como el núcleo, el carbono no diamantado se dispersa en una superficie de la herramienta resistente al desgaste que funciona para el mecanizado, y una relación (un área de carbono no diamantado/un área de superficie que funciona para el mecanizado) es igual o superior al 0,05 %.
7. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la relación es de 0,05 a 20 %.
- 25 8. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que se proporciona un orificio en el diamante policristalino composite, se forma en el orificio una superficie que funciona para el mecanizado, y la superficie que funciona para el mecanizado tiene una rugosidad de superficie  $S_a$  no menor de 1 nm y no mayor de 300 nm.
- 30 9. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la porción (1d) de cojinete del orificio (14) tiene una circularidad no superior a 0,2  $\mu m$ .
10. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que un ángulo de reducción del perfil del orificio (14) es de 3 a 20°.
11. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 10, en la que el ángulo de reducción del perfil del orificio (14) es de 3 a 10°.
- 35 12. La herramienta resistente al desgaste de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la porción (1d) de cojinete tiene una longitud no menor de 0,6D ni mayor de 1,0D.

FIG.1

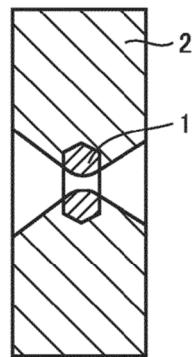


FIG.2A

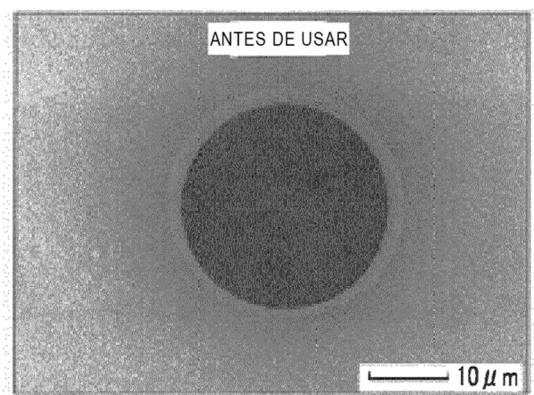


FIG.2B

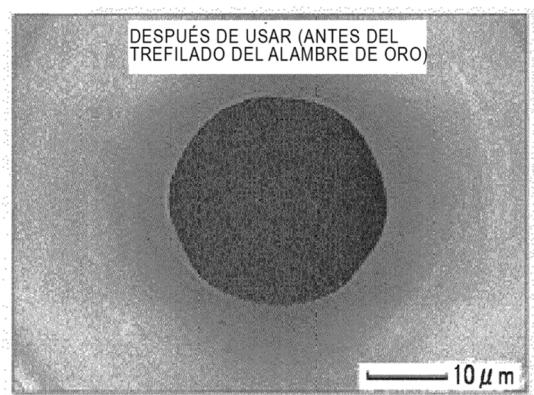


FIG.3

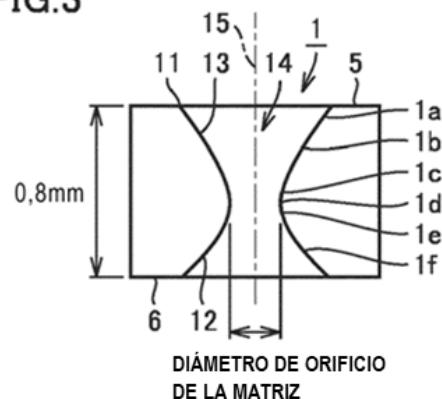


FIG.4

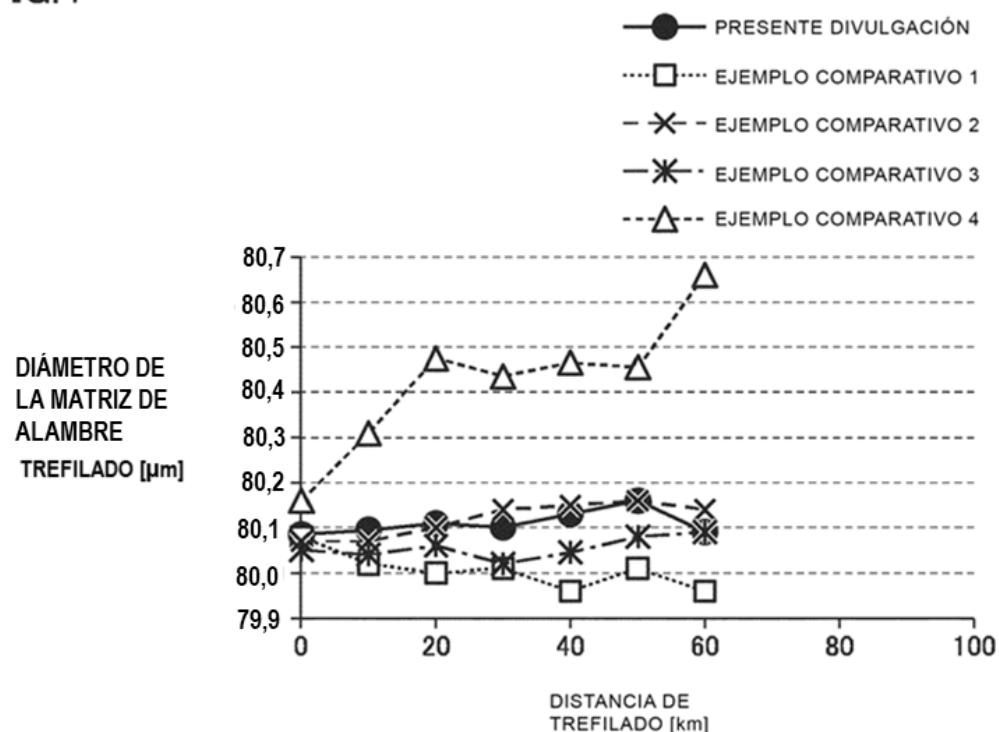


FIG.5

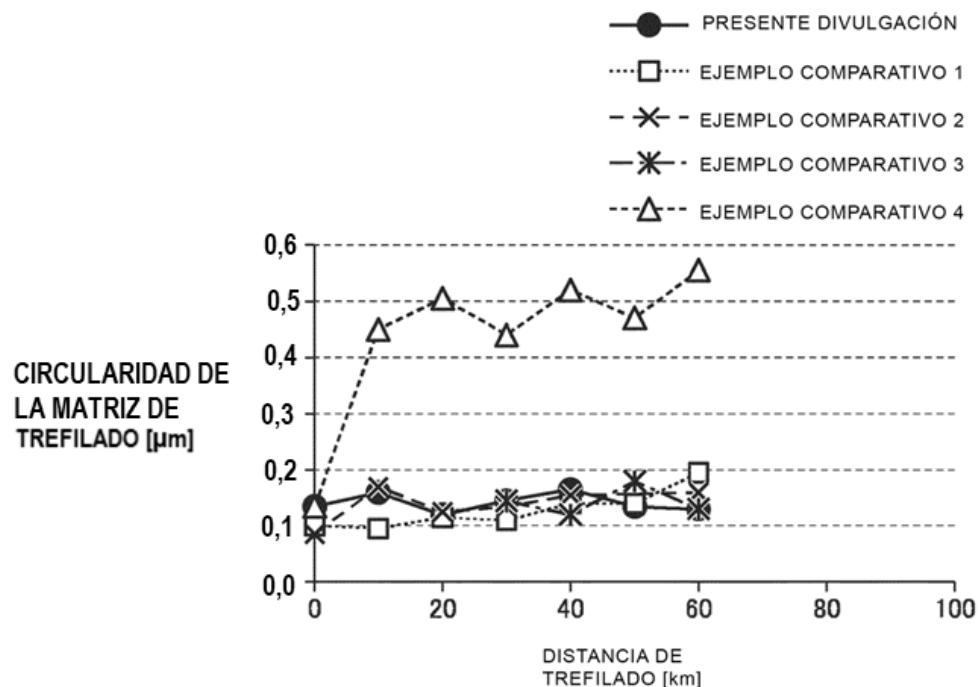
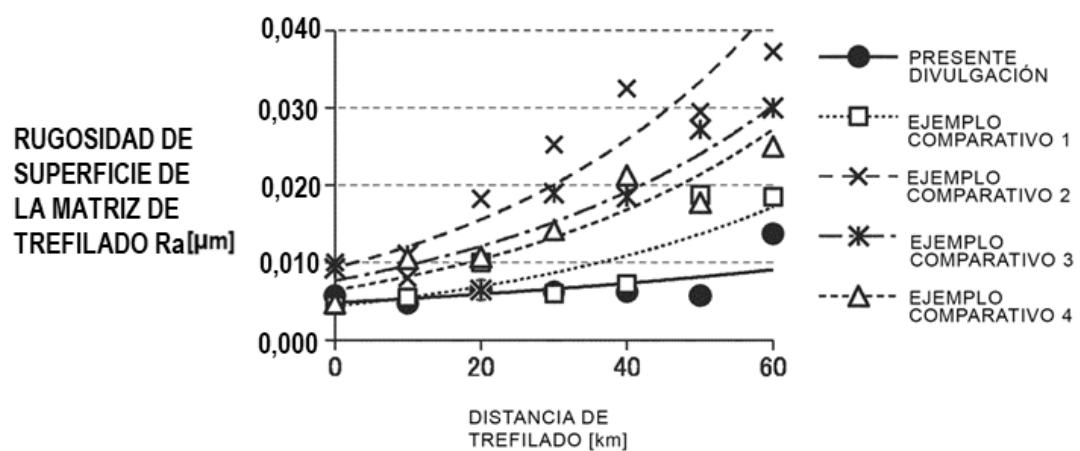
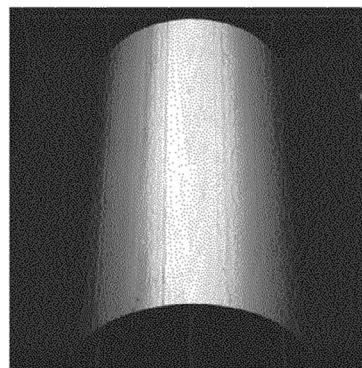


FIG.6



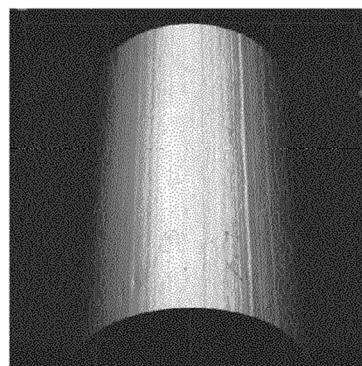
**FIG.7A**

PRESENTE DIVULGACIÓN



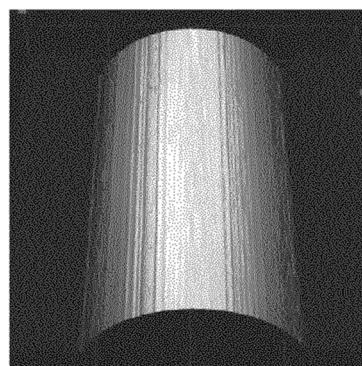
**FIG.7B**

EJEMPLO COMPARATIVO 1

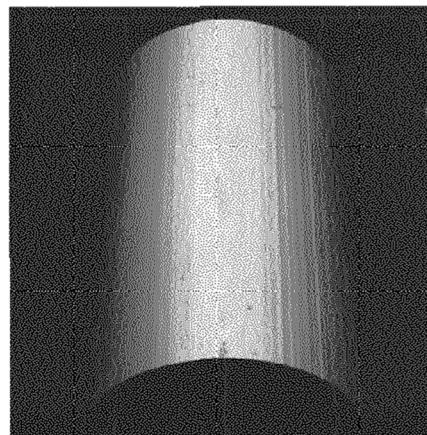


**FIG.7C**

EJEMPLO COMPARATIVO 2



**FIG.7D**  
EJEMPLO COMPARATIVO 3



**FIG.7E**  
EJEMPLO COMPARATIVO 4

