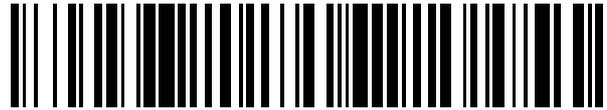


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 598**

51 Int. Cl.:

B23D 61/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2010 E 10742667 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2015 EP 2459338**

54 Título: **Alambre de precisión que incluye partículas abrasivas superficialmente modificadas**

30 Prioridad:

31.07.2009 US 230125 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2015

73 Titular/es:

**DIAMOND INNOVATIONS, INC. (100.0%)
P.O. Box 568
Worthington, OH 43085, US**

72 Inventor/es:

**DUMM, TIMOTHY y
NG, KAN-YIN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 541 598 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

Alambre de precisión que incluye partículas abrasivas superficialmente modificadas

La presente invención se refiere a un alambre de acuerdo con el preámbulo de la Reivindicación 1 y a un método para fabricar dicho alambre.

5 Dicho alambre es generalmente conocido por el Documento US2009/0064983A1.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1(a) es una imagen de un alambre revestido con diamante convencional, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM; del inglés, scanning electron microscope).

10 La Figura 1(b) es una imagen de un alambre revestido con diamante convencional después de su uso, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

La Figura 2(a) es una imagen de partículas de diamante convencionales usadas en alambres revestidos con diamante convencionales, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

En la Figura 2(b) se ilustran partículas de diamante convencionales en un alambre revestido con diamante convencional.

15 La Figura 3(a) es una imagen de partículas de diamante superficialmente modificadas, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

En la Figura 3(b) se ilustran partículas de diamante superficialmente modificadas en una aplicación de alambre revestido.

20 La Figura 4(a) es una imagen de una partícula de diamante convencional, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

La Figura 4(b) es una imagen de una partícula de diamante superficialmente modificada, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

La Figura 5(a) es una imagen de un alambre que contiene partículas de diamante convencionales preparado de acuerdo con el Ejemplo 1, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

25 La Figura 5(b) es una imagen de un alambre que contiene partículas de diamante superficialmente modificadas preparado de acuerdo con el Ejemplo 1, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

La Figura 5(c) es una imagen de un alambre que contiene partículas de diamante convencionales preparado de acuerdo con el Ejemplo 1 después de su uso, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

30 La Figura 5(d) es una imagen de un alambre que contiene partículas de diamante superficialmente modificadas preparado de acuerdo con el Ejemplo 1 después de su uso, obtenida con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

Descripción detallada

Definiciones

35 Al describir y reivindicar la presente invención se utilizará la terminología siguiente de acuerdo con las definiciones expuestas a continuación.

El término "abrasivo", como se emplea en esta memoria, se refiere a cualquier material usado para desgastar un material más blando.

40 El término "alambre", como se emplea en esta memoria, se refiere a un cordón cilíndrico y alargado de material. El material puede ser un metal, materiales compuestos o una combinación de metales y/o materiales compuestos. Los materiales compuestos pueden incluir materiales de KEVLAR, materiales de carbono y combinaciones de los mismos. El alambre puede ser un solo hilo o incluir múltiples hilos.

El término "exposición", como se emplea en esta memoria, se refiere a:

$$\text{Exposición relativa} = 100(t_{c0} - t_{b0})/t_{c0}$$

$$\text{Espacio entre el punto de corte y la superficie de enlace} = t_{c0} - t_{b0}$$

45 donde t_{c0} es la altura inicial de la partícula abrasiva desde la superficie del alambre hasta la punta más lejana de la

partícula que entraría en contacto con la pieza a trabajar y t_{b0} es el grosor medio inicial de la capa enlazante.

La expresión "enlace químico", como se emplea en esta memoria, se refiere a una superficie a la que se han adsorbido químicamente grupos moleculares metálicos u orgánicos.

5 La expresión "enlace" o "matriz de enlace", como se emplea en esta memoria, se refiere al material que se utiliza para fijar las partículas abrasivas al alambre. La fijación puede ser mecánica, química o una combinación de ambas.

El término "revestimiento", como se emplea en esta memoria, se refiere a un material que envuelve parcial o totalmente las partículas abrasivas. El revestimiento puede ser metálico, polimérico, vítreo o combinaciones de estos por capa o por mezcla.

10 La expresión "diamante convencional", como se emplea en esta memoria, se refiere a cualquier diamante no sometido al proceso enseñado en la Solicitud Provisional de EE.UU. n° de serie 61/097.422 y/o la Solicitud Provisional de EE.UU. n° de serie 61/187.789.

15 La expresión "rugosidad superficial", como se emplea en esta memoria, se refiere a la medición de una imagen bidimensional que permite cuantificar la extensión o el grado de picos y depresiones de los bordes o límites de un objeto, como se expresa en la guía de usuario de Clemex Vision PE 3.5 ©2001 del analizador de imágenes CLEMEX. La rugosidad superficial viene determinada por la relación del perímetro convexo dividido por el perímetro:

$$\text{Rugosidad superficial} = \frac{\text{Perímetro convexo}}{\text{Perímetro}}$$

Adviértase que conforme aumenta el grado de picos y depresiones disminuye el factor de rugosidad superficial.

20 El término "esfericidad", como se emplea en esta memoria, se refiere a la estimación del área encerrada de una imagen u objeto bidimensional ($4\pi A$) dividida por el cuadrado del perímetro (p^2).

$$\text{Esfericidad} = \frac{4\pi A}{p^2}$$

25 La expresión "área superficial", como se emplea en esta memoria, se refiere a la superficie externa de una partícula. Cuando se utiliza con una pluralidad de partículas, es decir, con polvo, se emplea la expresión "área superficial específica" y se presenta como área superficial por gramo de polvo.

30 Es importante advertir que, aunque los términos y expresiones anteriormente definidos se refieren a la medición de perfiles bidimensionales de partículas usando técnicas de medición microscópicas, se entiende que las características se extienden a la forma tridimensional. El análisis automatizado del tamaño y la forma de las partículas mediante imágenes es reconocido por un experto en la técnica como un método fiable y reproducible para medir características de partículas. Aunque se utilizó el analizador de imágenes CLEMEX, se dispone de dispositivos similares que reproducirán los datos.

35 Existe la necesidad de una partícula de diamante que sea resistente al desprendimiento de la matriz de enlace sobre un alambre revestido con diamante. Además, existe la necesidad de partículas de diamante que permanezcan en la matriz de enlace durante un periodo prolongado de tiempo en comparación con las partículas de diamante convencionales. Además, existe la necesidad de cortar más eficazmente materiales, tales como lingotes de silicio, a velocidades aumentadas. En la Figura 1(a) comparativa se muestra un alambre 2 que contiene partículas de diamante convencionales 4 que sobresalen de la matriz 6 de enlace electrodepositada. En la Figura 1(b) comparativa se muestra el alambre 2 después de haber sido utilizado para cortar silicio. Adviértase la ausencia de partículas de diamante convencionales en el alambre usado y las picaduras 8 donde se desprendieron las partículas de diamante convencionales.

45 Cuando se observan los alambres revestidos con diamante convencionales, es bastante evidente que las partículas de diamante convencionales están mecánicamente retenidas. En el caso de una matriz de enlace electrodepositada como la mostrada en las Figuras 1(a) y 1(b) comparativas, la matriz de enlace de níquel electrodepositado no se enlaza químicamente con las superficies de las partículas de diamante convencionales y, similarmente, la resina no se enlaza químicamente con el carbono del diamante.

50 En relación con la Figura 2(a) comparativa, las superficies de las partículas de diamante convencionales se muestran en 10. Como se muestra en la Figura 2(a), las partículas son relativamente lisas como resultado de una fractura a lo largo de los planos cristalinos a causa del proceso de molienda y micronización usado en la fabricación de partículas de diamante de tamaño micrométrico. En la Figura 2(b) comparativa se ilustra un alambre 14 que tiene una superficie 16 que incluye partículas de diamante convencionales 18 enlazadas con la superficie mediante una matriz 20 de enlace. Como se representa en la Figura 2(b), a causa de las superficies 22 relativamente lisas de las partículas de diamante convencionales 18, es necesario un significativo grosor de la matriz de enlace, al menos un

grosor como la mitad del diámetro de una partícula, para anclar suficientemente las partículas de diamante convencionales 18 a la matriz 20 de enlace. En este caso, la exposición de las partículas de diamante convencionales sería al menos aproximadamente 50% o menos.

5 Para resolver los problemas anteriores se proporciona un alambre según la Reivindicación 1 y un método para fabricar un alambre según la Reivindicación 9.

En la Figura 3(a), las partículas de diamante superficialmente modificadas se muestran en 12. Las partículas superficialmente modificadas 12 de la Figura 3(a) tienen canales, entrantes y depresiones que permiten que la matriz de enlace penetre en, y llene, los canales, los entrantes y las depresiones para proporcionar un anclaje mecánico más fuerte de las partículas de diamante superficialmente modificadas a la matriz de enlace.

10 Las partículas de diamante superficialmente modificadas 12 pueden ser empleadas en un alambre de abrasivo fijo que tiene abrasivos fijados sobre él para uso en el corte, rebanado, trituración interna, troceado y corte en lingotes, de materiales rígidos tales como silicio, cuarzo, productos cerámicos y similares.

15 La mayor exposición proporcionada por las partículas de diamante superficialmente modificadas proporcionará una mejor capacidad de corte libre que con el alambre que contiene partículas de diamante convencionales y da lugar a una generación de calor reducida en los puntos de corte. También se espera que el área aumentada entre los puntos de corte del abrasivo y la superficie de enlace proporcione un canal más grande para los cortes y la eliminación de virutas y haga que el alambre sea menos erosivo que el alambre que contiene partículas de diamante convencionales.

20 El efecto global de la utilización de partículas de diamante superficialmente modificadas que tienen un índice de eliminación de material mayor que las partículas de diamante convencionales es que se podría usar una menor concentración de partículas de diamante sobre el alambre. Esto, junto con la capacidad de utilizar menos material de enlace para fijar las partículas de diamante, reducirán significativamente el coste de producción del alambre.

25 También se espera que, para alcanzar la misma cantidad de corte/eliminación de material, se requieran menos partículas al utilizar partículas de diamante superficialmente modificadas que al utilizar partículas de diamante convencionales.

30 En la Figura 3(b) se ilustra un alambre 24 que tiene una superficie 26 y partículas de diamante superficialmente modificadas 28 enlazadas con la superficie 26 mediante una matriz 30 de enlace. Cada partícula de diamante superficialmente modificada tiene una rugosidad superficial de aproximadamente 0,60 a aproximadamente 0,80 y una esfericidad de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,50. Como se muestra en la Figura 3(b), se requiere menos material de matriz de enlace que en la Figura 3(a). Las ventajas se discuten adicionalmente más adelante.

35 Conforme se emplee el alambre en una aplicación de corte y se generen virutas, la capa de enlace se desgastará típicamente a mayor velocidad que las partículas de diamante. En el caso de la Figura 3(a) anterior, conforme se desgasta el material de enlace puede aumentar en cierto grado la exposición de las partículas de diamante convencionales; sin embargo, en algún momento las partículas simplemente se caerán del material de enlace porque no habrá suficiente cantidad de material de enlace para anclar las partículas.

40 Los materiales adecuados del alambre incluyen metales, aleaciones de metales, polímeros (sintéticos o naturales), carbono, productos textiles, fibras orgánicas o inorgánicas, seda y combinaciones de los mismos. En una realización, se puede utilizar un alambre de acero tal como una cuerda de piano. Otras alternativas incluyen alambres metálicos tales como alambre de wolframio y alambre de molibdeno. En una realización, el alambre incluye un revestimiento o matriz de enlace que está metalizado, es decir, una matriz de enlace niquelada. Otros materiales alternativos que se pueden emplear como una matriz de enlace incluyen materiales metálicos, resinas poliméricas, sistemas híbridos (vítreos y poliméricos), revestimientos de níquel electrolítico, revestimientos de níquel sin empleo de electricidad, sistemas de enlace de latón y sistemas de enlace de resina que pueden incluir además resinas termoestables y/o resinas curables por radiación UV. Además, se pueden utilizar combinaciones de los anteriores materiales de matriz de enlace.

45 Además de la matriz de enlace, en una realización el alambre puede incluir revestimientos adicionales tales como metales o resinas. Dichos metales y resinas y sus combinaciones se pueden seleccionar de entre los anteriormente mencionados.

50 El alambre puede tener una longitud de entre aproximadamente 1 cm y aproximadamente 1000 km o, alternativamente, de aproximadamente 200 km a aproximadamente 600 km. En una realización, el alambre está en un rollo continuo. El grosor del alambre puede ser de entre aproximadamente 10 μm y aproximadamente 500 μm o, alternativamente, de aproximadamente 50 μm a aproximadamente 200 μm .

55 Los superabrasivos empleados en una realización de la presente invención son las partículas de diamante superficialmente modificadas que se enseñan en la Solicitud Provisional de EE.UU. nº 61/097.422 y la Solicitud Provisional de EE.UU. nº 61/187.789.

Los abrasivos empleados en/sobre el alambre pueden ser abrasivos revestidos. Dichos revestimientos incluyen, pero no se limitan a, revestimientos de metal, revestimientos de aleación de metales, y combinaciones de los mismos. Los ejemplos de dichos revestimientos incluyen cromo, titanio, cobre, molibdeno, níquel y wolframio.

Algunas realizaciones de la invención incluyen, pero no se limitan a, lo siguiente:

- 5 Un alambre que incluye partículas de diamante superficialmente modificadas incorporadas, al menos parcialmente, a un alambre.

Un alambre que incluye partículas de diamante superficialmente modificadas y partículas de diamante convencionales incorporadas, al menos parcialmente, a un alambre.

- 10 Un alambre que incluye una superficie que tiene partículas de diamante superficialmente modificadas incorporadas a una superficie del alambre. Las partículas de diamante superficialmente modificadas están enlazadas con la superficie del alambre mediante una matriz de enlace.

- 15 Un alambre que incluye una superficie que tiene partículas de diamante superficialmente modificadas y partículas de diamante convencionales incorporadas, al menos parcialmente, a una superficie del alambre. Las partículas de diamante superficialmente modificadas están enlazadas, al menos parcialmente, con la superficie del alambre mediante una matriz de enlace.

- 20 En una realización, se puede utilizar el depósito electroquímico para depositar directamente el abrasivo sobre el sustrato del alambre. En general, el depósito electroquímico exige colocar un alambre eléctricamente cargado en un lecho de partículas abrasivas en una disolución líquida opuestamente cargada de un compuesto metálico. Conforme precipita el metal sobre el alambre, captura partículas abrasivas dentro de una capa metálica delgada y, de este modo, une el abrasivo al alambre. Por ejemplo, en la Patente de EE.UU. n° 5.438.973 concedida a Schmid et al., se describen partículas abrasivas de diamante fijadas por niquelado a una superficie cortante de un núcleo de alambre de acero inoxidable y corte transversal en forma de gota.

- 25 En una realización, las partículas abrasivas pueden ser también fijadas a un alambre mediante un enlace metálico soldado, en donde los granos se disponen sobre la superficie del alambre con una distribución superficial preseleccionada, como se enseña en el Documento U.S. 6.102.024.

En una realización, las partículas abrasivas pueden ser fijadas a un alambre mediante un enlace de resina. En el Documento U.S. 6.463.921 se enseña un ejemplo de un enlace de resina adecuado.

- 30 Además de la fuerza de enlace y la exposición del abrasivo mejoradas, el uso de partículas de diamante superficialmente modificadas también proporciona sustancialmente más puntos de corte por partícula que el uso de partículas de diamante convencionales. Como se muestra en la Figura 4(a), las partículas de diamante producidas al utilizar el proceso de modificación presentan de 2 a 3 veces el número de puntos de corte que presentan las partículas de diamante molido convencionales como las mostradas en la Figura 4(b). Estos puntos de corte adicionales proporcionan a cada partícula de diamante superficialmente modificada una capacidad de eliminación de material mucho mayor que la de las partículas de diamante monocristalino convencionales. Además, se ha demostrado que la friabilidad o la dureza globales de la partícula de diamante superficialmente modificada sólo se reducen en un factor de 5 a 10 por ciento después del proceso de modificación. Por lo tanto, la vida eficaz de la partícula de diamante dentro de la herramienta no se verá disminuida.

- 35 Como se muestra en la Figura 3(b), se requiere menos material de matriz de enlace que para el ejemplo comparativo mostrado en la Figura 3(a). En la Figura 3(b), el material de matriz de enlace llena las depresiones y hendiduras de las partículas de diamante superficialmente modificadas anclando las partículas al material de matriz de enlace. Como resultado, se requiere menos material de matriz de enlace. El uso de menos material de matriz de enlace proporciona mayores distancias entre la punta expuesta de la partícula de diamante y la superficie de la matriz de enlace. Esta distancia permitirá más exposición de las partículas y también permite más espacio para que las virutas y el refrigerante pasen entre la pieza a trabajar y el alambre.

- 40 Puesto que la rugosidad extrema de las partículas de diamante superficialmente modificadas proporciona sustancialmente más sitios de anclaje que en el caso de las partículas de diamante monocristalino convencionales, resulta evidente que se requerirá un menor nivel de matriz de enlace para obtener un enlace superior de las partículas de diamante superficialmente modificadas al alambre.

- 45 El alambre de abrasivo fijado puede ser utilizado para cortar cualquier material. Los materiales de sustrato comunes incluyen silicio, zafiro, carburo de silicio, nitruro de aluminio, telurio, sílice, arseniuro de galio, fosforo de indio, sulfuro de cadmio, germanio, sulfuro de zinc, estaño gris, selenio, boro, yoduro de plata y antimoniuro de indio entre otros materiales.

- 50 Una realización incluye un método para cortar un sustrato, que comprende las operaciones de: proporcionar una sierra de alambre que incluye un alambre de corte que incluye partículas de diamante superficialmente modificadas; aplicar un refrigerante o lubricante al alambre de corte; poner una superficie del sustrato en contacto con el alambre

de corte; y manipular la situación relativa del alambre de corte y la superficie de forma coherente con una acción de cortar.

5 En una realización, se puede utilizar un alambre que incluye las partículas de diamante superficialmente modificadas y un fluido refrigerante o lubricante. El fluido refrigerante o lubricante puede ser acuoso o no acuoso. Los fluidos adecuados incluyen agua y alquilenglicoles. Los alquilenglicoles empleados en el contexto de la presente invención incluyen etilenglicol (EG), polietilenglicol (PEG) y polipropilenglicol (PPG).

10 En una realización, la matriz de enlace puede incluir adicionalmente aditivos seleccionados del grupo de abrasivos, es decir, materiales que tienen una dureza Mohs superior a siete o una dureza absoluta superior a aproximadamente 100, y superabrasivos que tienen una dureza superior a aproximadamente 3000 kg/mm² en la escala de Knoop. En manuales estándares está disponible una comparación de los valores de durezas Knoop y Mohs con fines de conversión.

Se pueden emplear otros aditivos para la matriz de enlace, que pueden incluir fibras poliméricas, fibras inorgánicas, lubricantes, agentes de curado, cargas, agentes inductores de porosidad, metales y combinaciones de los mismos.

15 En una realización, el alambre puede contener partículas de diamante funcionalizadas tales como las enseñadas en el Documento U.S. 6.372.002. Las partículas de diamante funcionalizadas pueden estar presentes sobre un alambre con partículas de diamante superficialmente modificadas. Opcionalmente, las partículas de diamante superficialmente modificadas pueden ser sometidas al proceso de funcionalización que se enseña en el Documento U.S. 6.372.002.

Ejemplos

20 Ejemplo 1

Se revistieron alambres de acero con partículas de diamante con un tamaño medio nominal de 20-30 µm, usando el procedimiento siguiente.

Preparación del baño

1. A un vaso de precipitados de vidrio de 2 litros de capacidad se añadió lo siguiente:
 - 25 a. 60 ml de Niklad AR767 (disolución de sulfato de níquel), vendido por MacDermind Co., Denver, Colorado, EE.UU.
 - b. 800 ml de agua desionizada
2. Se colocó el vaso de precipitados sobre una placa caliente y se calentó la disolución a 70 °C.
3. Cuando la temperatura de la disolución alcanzó los 70 °C se añadieron 150 ml de disolución de Niklad B (hipofosfito sódico).
- 30 4. Cuando el baño hubo sido calentado a la temperatura deseada de 85-90 °C, se mantuvo a esa temperatura para preparar el alambre para el revestimiento.

Limpieza del alambre

- 35 1. Se cortaron varios trozos de alambre de acero con alto contenido de carbono (acero C1085), de 0,150 mm de diámetro, con longitudes de aproximadamente 91,4 cm.
2. Se pesó el grupo de alambres y se registró el peso para determinar el porcentaje ponderal del revestimiento de material compuesto (níquel + diamante).
3. Se introdujeron los alambres en un vaso de precipitados de 1 litro de capacidad que contenía 250 ml de HCl y 250 ml de agua desionizada.
- 40 4. Se remojaron los alambres en la disolución de ácido/agua desionizada durante aproximadamente 5 minutos (para minimizar la pérdida de peso) hasta que la disolución de ácido se volvió amarilla.

Los alambres "limpiados" fueron rápidamente retirados del vaso de precipitados y fueron enjuagados con agua desionizada y colocados en la disolución de baño de níquel caliente.

Proceso de revestimiento

- 45 1. Cuando se puso en el vaso de precipitados con la disolución de níquel, el rollo de alambre se expandió por el fondo del vaso de precipitados.
2. Se añadieron 20 gramos de polvo de diamante industrial sintético convencional GMM 20-30 al baño y se

registró el momento de inicio del revestimiento.

3. Se agitó manualmente la disolución cada 5 minutos con una varilla de vidrio para mantener el diamante suspendido en el baño y alejado del alambre. Después de una breve agitación, se dejó que el diamante se depositara sobre el alambre.

5 4. Se añadieron 6 ml de Niklad 767AR y 6 ml de Niklad 767HpH (disolución de hipofosfito sódico) cada 15 minutos para reponer el baño.

5. Se continuó el proceso de revestimiento durante un total de 3 horas.

6. Después de tres horas, se retiró el alambre del baño y se apagó la placa caliente.

10 7. Los alambres revestidos fueron enjuagados con agua desionizada, secados y pesados y fueron registrados para determinar el porcentaje ponderal del revestimiento de material compuesto (níquel + diamante).

Luego se revistieron varios trozos de alambre usando diamante superficialmente modificado de 20-30 μm y siguiendo el mismo procedimiento que antes.

15 Se tomaron imágenes de cortes de cada alambre con un microscopio electrónico de barrido. En la Figura 5(a) se muestra el alambre revestido preparado con partículas de diamante convencionales de 20-30 μm y en la Figura 5(b) se muestra el alambre revestido preparado con partículas de diamante superficialmente modificadas de 20-30 μm . Como se puede ver en la Figura 5(a), parece que las partículas de diamante convencionales se extienden desde estar totalmente embebidas en la matriz de níquel hasta sólo tocar la superficie del níquel. Parece que las partículas de diamante convencionales están uniformemente distribuidas sobre la superficie del alambre. Por término medio, parece que hay un número relativamente grande de partículas de diamante convencionales que sobresalen de la superficie del alambre, donde al menos el 50% de las partículas de diamante convencionales están expuestas desde el revestimiento de níquel.

20 En la Figura 5(b) también se muestra una buena cobertura de las partículas de diamante superficialmente modificadas sobre la superficie del alambre y una buena proyección de las partículas de diamante superficialmente modificadas desde la superficie del alambre. Las partículas de diamante superficialmente modificadas son claramente distintas de las partículas de diamante convencionales de la Figura 5(a). En la Figura 5(b) se muestra claramente que el níquel penetra en los espacios de poro, las depresiones y los huecos de las partículas de diamante superficialmente modificadas. También se puede ver en la Figura 5(b) que hay puntos de corte adicionales asociados con cada una de las partículas de diamante superficialmente modificadas en comparación con las partículas de diamante convencionales.

30 Ejemplo 2

Se llevó a cabo un sencillo ensayo de corte con sierra utilizando a) un alambre que contenía las partículas de diamante convencionales de 20-30 μm , y b) un alambre que contenía las partículas de diamante superficialmente modificadas de 20-30 μm . Cada alambre fue asegurado en una sierra de mano y fue utilizado para cortar un bloque de polisilicio.

35 El ensayo incluía las operaciones siguientes:

1.) Se obtuvo un hilo de alambre de aproximadamente 40,6 cm para cada tipo de diamante a) y b).

2.) Se pasó un extremo del alambre a) alrededor de un perno aflojado en un extremo de una sierra de mano y se apretó el perno.

40 3.) Se pasó el otro extremo del alambre a) alrededor de otro perno aflojado, se tensó el alambre y se apretó el perno.

4.) Se tensó más el alambre girando un tornillo de ajuste en la parte superior de la sierra. Se ajustó la tensión del alambre a) de modo que se observara una desviación de aproximadamente 1-2 mm cuando se apoyaba la sierra contra el bloque de silicio.

45 5.) Una vez que se hubo asegurado el alambre a) en la sierra, se colocó el alambre contra un bloque de polisilicio de 1,3 cm x 5,1 cm x 7,6 cm que estaba sujeto en un torno de banco. Se hizo una muesca en la esquina del bloque frotando el alambre contra la esquina. Una vez establecida la muesca, se pusieron unas pocas gotas de agua en esta zona para que actuaran como refrigerante.

6.) Se hizo un corte en el bloque de polisilicio haciendo avanzar y retroceder la sierra usando un recorrido de aproximadamente 20,3 cm. Como fuerza de empuje hacia abajo sólo se usó el peso de la sierra.

50 7.) Se continuó el corte con adiciones ocasionales de agua hasta que se completaron 100 recorridos.

8.) Una vez que se hubo completado el ensayo, se enjuagó el alambre a) con agua y se extrajo una pequeña sección del centro de la sierra para un análisis por SEM.

9.) Se repitió este ensayo con el alambre b) usando las operaciones anteriores.

5 Como se puede ver en las fotografías, por microscopía electrónica de barrido, de los alambres examinados de las Figuras 5(c) y 5(d), se ve claramente el lado de contacto de ambos alambres donde el alambre se desgastaba contra el bloque de polisilicio. En la Figura 5(c) se muestra que no queda casi diamante sobre el alambre en que se utilizaron las partículas de diamante molido convencionales de 20-30 μm . También es claro que muchas de las partículas de los lados del alambre han sido arrancadas del enlace de metal. En la Figura 5(d) se muestra que aún hay partículas de diamante que quedan en el lado de trabajo del alambre que estuvo contra el polisilicio. Además, 10 aunque algunas de las partículas de diamante superficialmente modificadas han sido arrancadas de la matriz de enlace, aún están embebidas dentro de la matriz muchas más que con el alambre de diamante regular.

Equivalentes

Aunque la invención ha sido descrita en relación con ciertas realizaciones ejemplares, resultará evidente a quienes tienen una experiencia normal en la técnica que se pueden realizar muchas alternativas, modificaciones y 15 variaciones en la invención descrita de un modo consistente con la detallada descripción anteriormente proporcionada. Además, resultará evidente a quienes tienen una experiencia normal en la técnica que ciertos aspectos de las diversas realizaciones ejemplares descritas podrían emplearse en combinación con aspectos de cualesquiera de las otras realizaciones descritas o sus alternativas para producir realizaciones adicionales, aunque no explícitamente descritas en esta memoria, que incorporaran la invención reivindicada pero más fielmente 20 adaptada a unos requisitos de uso o funcionamiento previstos. En consecuencia, se pretende que todas las citadas alternativas, modificaciones y variaciones que caen dentro del alcance de la invención estén abarcadas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un alambre (14, 24) que comprende una superficie (16, 26), caracterizado por que la superficie (16, 26) tiene partículas de diamante superficialmente modificadas (12, 28) y partículas de diamante convencionales (18) incorporadas, al menos parcialmente, a la superficie (16, 26) de dicho alambre (14, 24) por una matriz (20, 30) de enlace, en donde cada partícula de diamante superficialmente modificada (12, 28) tiene una rugosidad superficial de aproximadamente 0,60 a aproximadamente 0,80 y una esfericidad de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,50, en donde la expresión "rugosidad superficial", como se emplea en estas reivindicaciones, se refiere a la medición de una imagen bidimensional que permite cuantificar la extensión o el grado de depresiones y picos de los bordes o límites de un objeto, como se expresa en la guía de usuario de Clemex Vision PE 3.5 ©2001 del analizador de imágenes CLEMEX, y la rugosidad superficial viene determinada por la relación del perímetro convexo dividido por el perímetro, y el término "esfericidad", como se emplea en estas reivindicaciones, se refiere a la estimación del área encerrada de una imagen u objeto bidimensional ($4\pi A$) dividida por el cuadrado del perímetro (p^2).
2. El alambre según la reivindicación 1, en donde la matriz (20, 30) de enlace incluye además aditivos seleccionados del grupo de abrasivos que tienen una dureza Mohs superior a 7 y superabrasivos que tienen una dureza superior a 3000 kg/mm² en la escala de Knoop.
3. El alambre según la reivindicación 1 o la Reivindicación 2, en donde la matriz (20, 30) de enlace incluye además fibras poliméricas, fibras inorgánicas, lubricantes, agente de curado, cargas, agentes inductores de porosidad, metales y combinaciones de los mismos.
4. El alambre de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicho alambre (14, 24) comprende un material seleccionado del grupo de metales, polímeros (sintéticos o naturales), carbono, aleaciones de metales, productos textiles, fibras orgánicas o inorgánicas, seda y combinaciones de los mismos.
5. El alambre de la reivindicación 4, en donde dicho metal es seleccionado del grupo de hierro, acero, acero inoxidable, níquel y/o aleaciones y combinaciones de los mismos.
6. El alambre de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicha matriz (20, 30) de enlace es seleccionada del grupo de materiales metálicos, resinas poliméricas, sistemas híbridos (vítreos + poliméricos) y combinaciones de los mismos.
7. El alambre de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dichas partículas de diamante superficialmente modificadas (12, 28) comprenden además un revestimiento.
8. El alambre de la reivindicación 7, en donde dicho revestimiento es metal o resina.
9. Un método para fabricar un alambre (14, 24) según cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 8, que comprende las operaciones siguientes:
- proporcionar un alambre (14, 24);
 - limpiar dicho alambre (14, 24); y
 - revestir dicho alambre con partículas de diamante superficialmente modificadas (12, 28) y partículas de diamante convencionales (18),
- en donde dichas partículas de diamante superficialmente modificadas (12, 28) y dichas partículas de diamante convencionales (18) están enlazadas con la superficie (16, 26) del alambre mediante una matriz (20, 30) de enlace, en donde cada partícula de diamante superficialmente modificada tiene una rugosidad superficial de aproximadamente 0,60 a aproximadamente 0,80 y una esfericidad de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,50, en donde la expresión "rugosidad superficial", como se emplea en estas reivindicaciones, se refiere a la medición de una imagen bidimensional que permite cuantificar la extensión o el grado de depresiones y picos de los bordes o límites de un objeto, como se expresa en la guía de usuario de Clemex Vision PE 3.5 ©2001 del analizador de imágenes CLEMEX, y la rugosidad superficial viene determinada por la relación del perímetro convexo dividido por el perímetro, y el término "esfericidad", como se emplea en estas reivindicaciones, se refiere a la estimación del área encerrada de una imagen u objeto bidimensional ($4\pi A$) dividida por el cuadrado del perímetro (p^2).

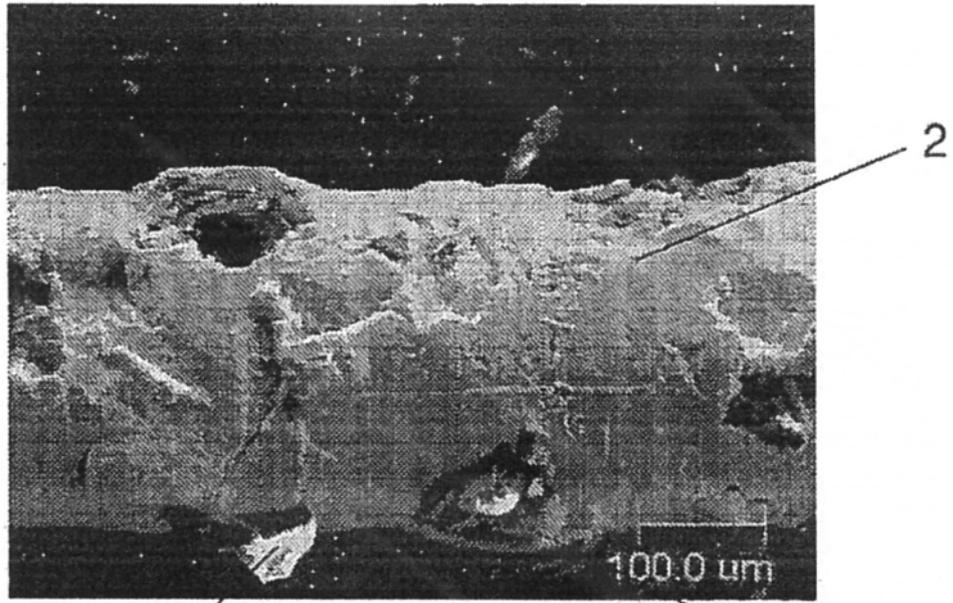


FIG. 1A

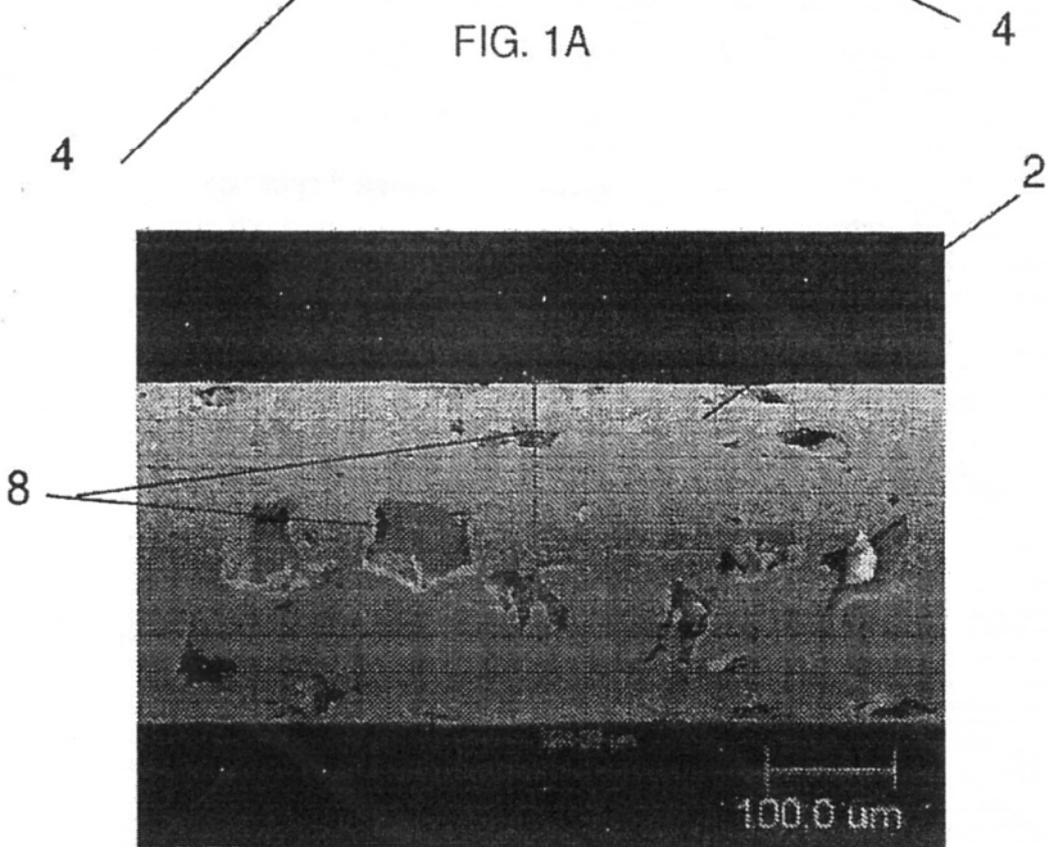


FIG. 1B

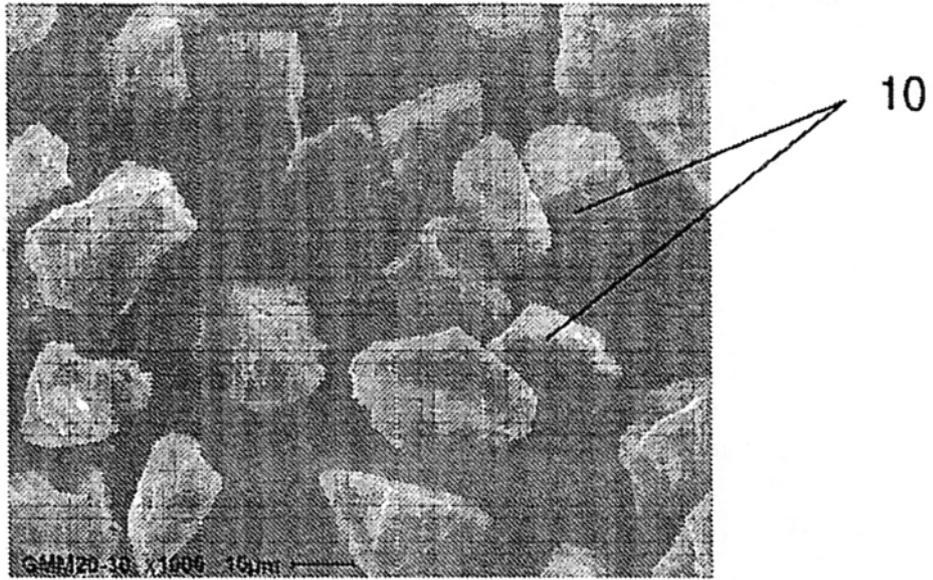


FIG. 2A

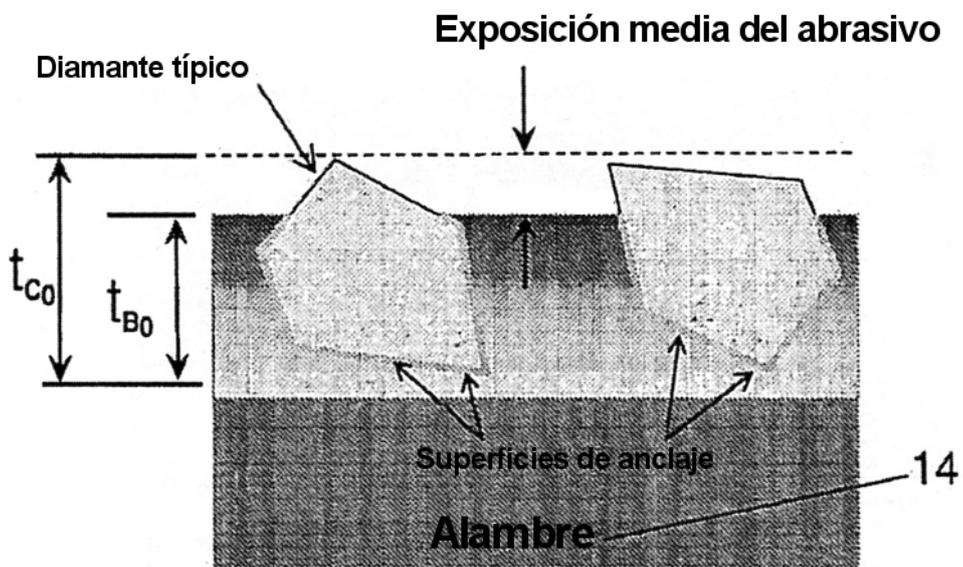


FIG. 2B

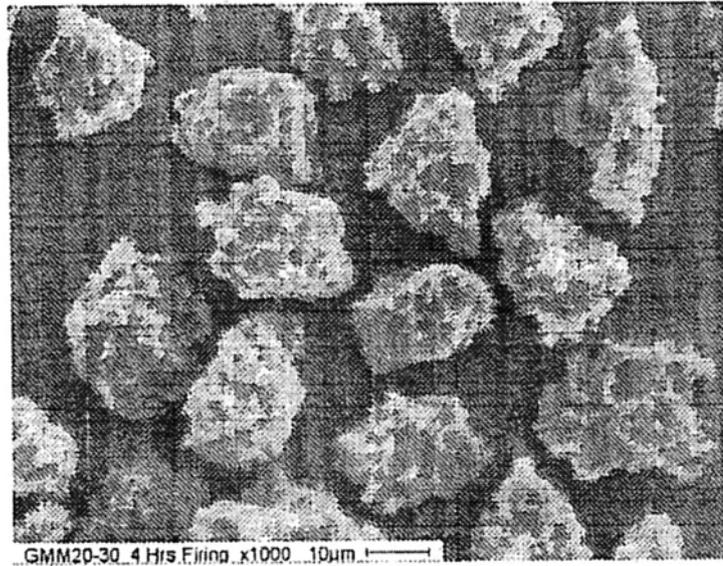


FIG. 3A

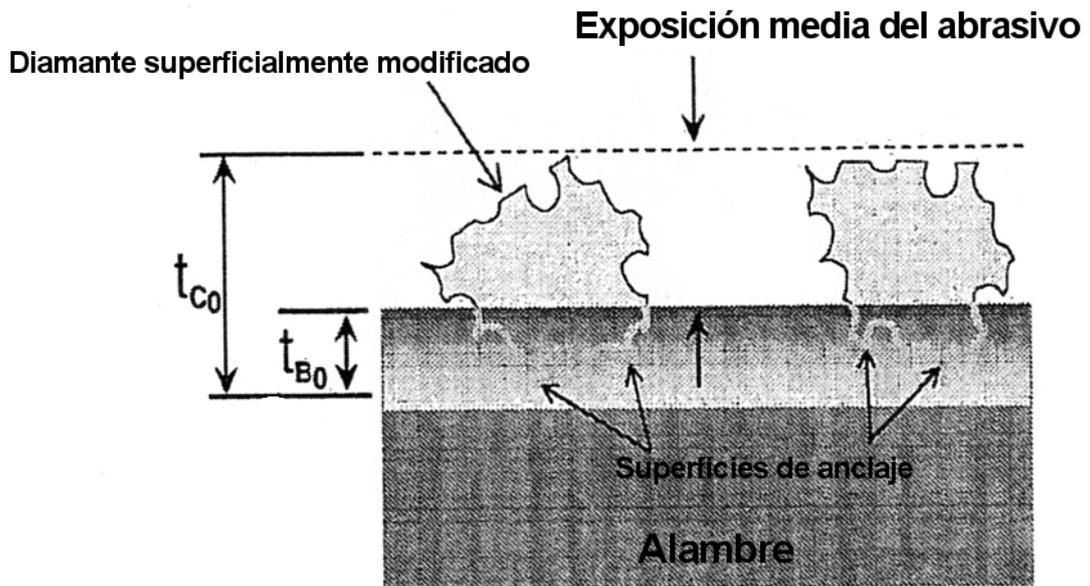


FIG. 3B

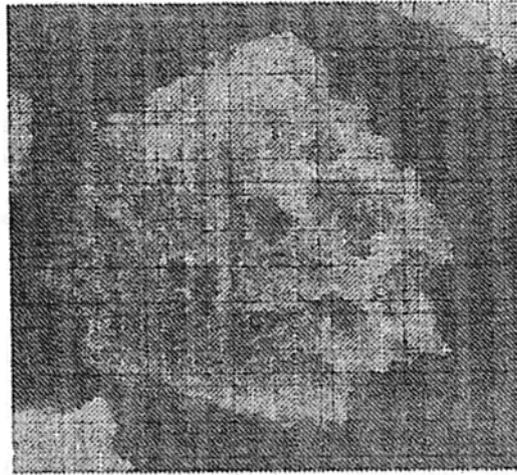


FIG. 4A

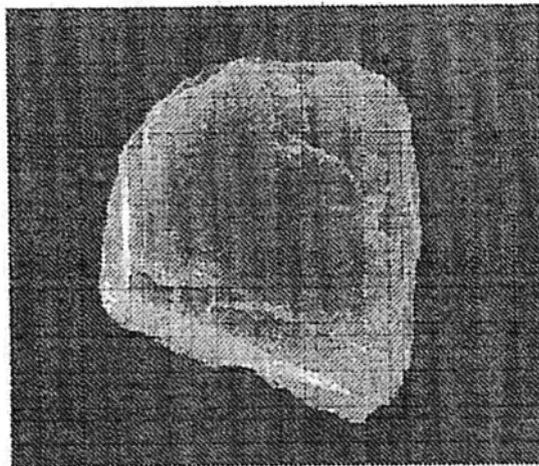


FIG. 4B

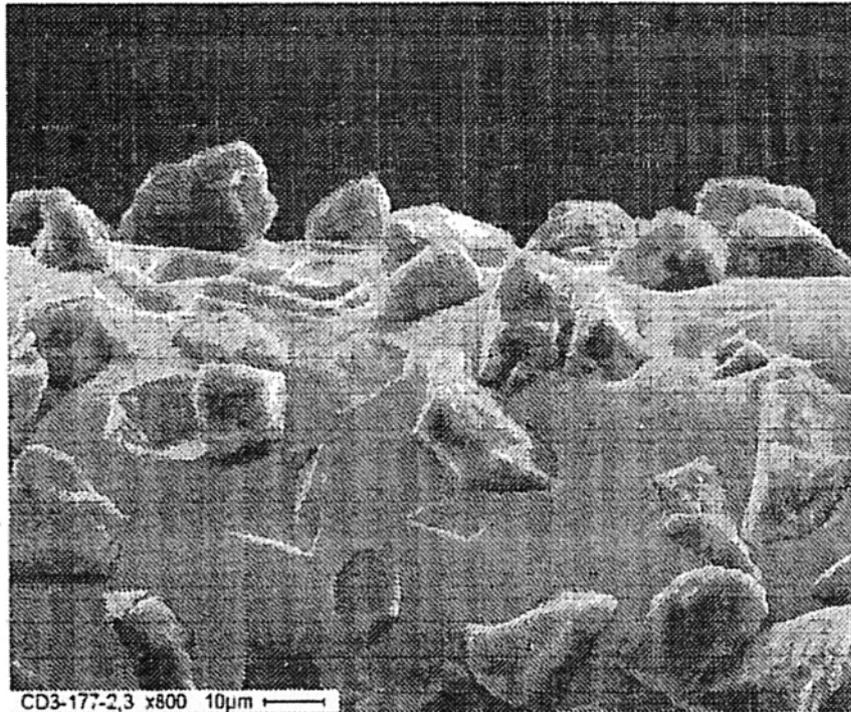


FIG. 5A

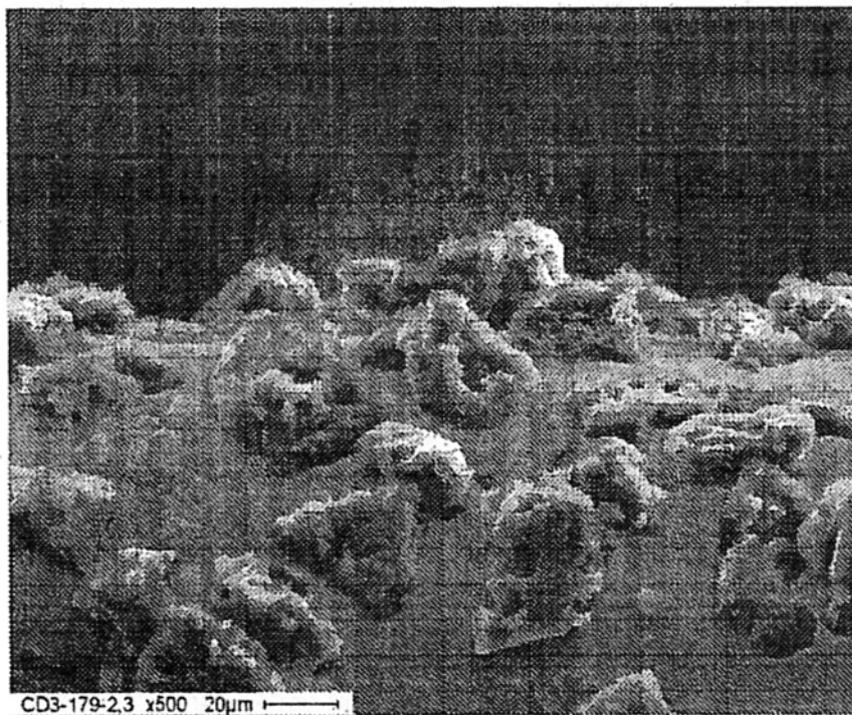


FIG. 5B

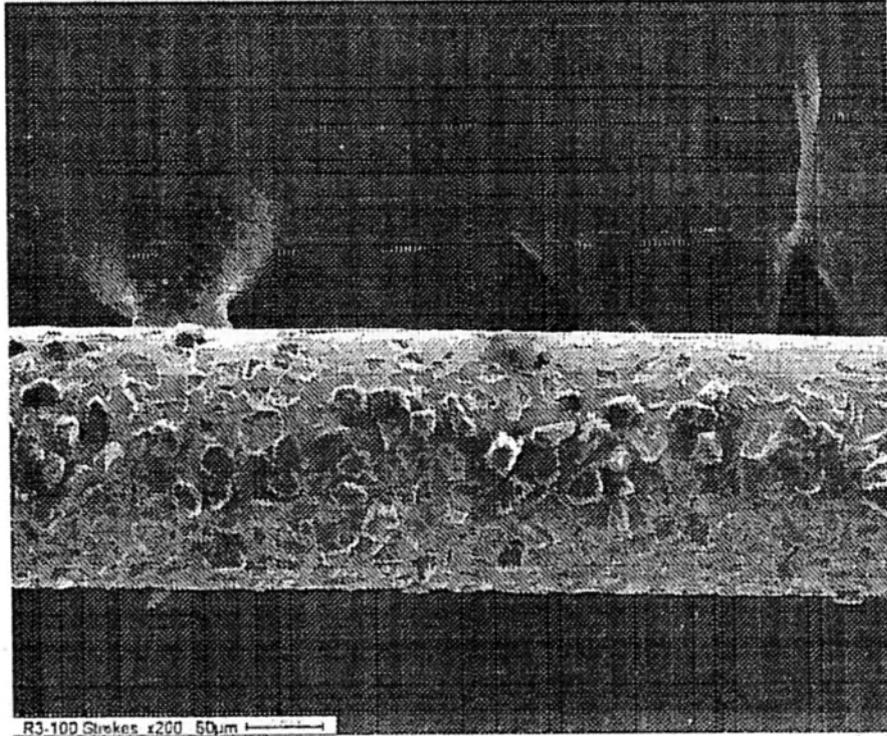


FIG. 5C

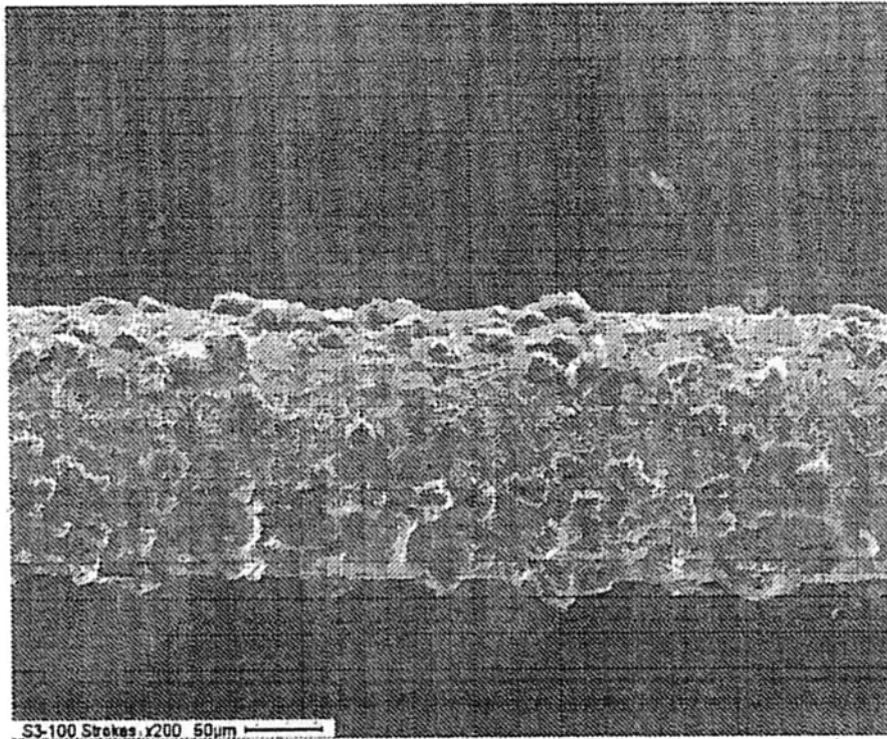


FIG. 5D