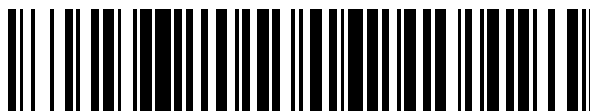


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 173**

51 Int. Cl.:

B02C 1/02 (2006.01)

B28D 5/00 (2006.01)

C01B 33/02 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01)

B02C 1/14 (2006.01)

B02C 19/08 (2006.01)

C01B 33/035 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2013 E 13175097 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015 EP 2692441**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina**

30 Prioridad:

01.08.2012 DE 102012213565

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

02.02.2016

73 Titular/es:

**WACKER CHEMIE AG (100.0%)
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, DE**

72 Inventor/es:

**MATTES, JOACHIM;
GRÜBL, PETER y
RIESS, SIEGFRIED**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 558 173 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

Dispositivo y procedimiento para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina

La invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para el desmenuzado de silicio policristalino.

5 Silicio policristalino se obtiene mediante disociación térmica de compuestos de silicio, como por ejemplo triclorosilano, en un denominado reactor de Siemens, y en este caso precipita en forma de varas policristalinas.

Para la obtención de monocristales por medio de extracción en crisol, las varas policristalinas se deben desmenuzar en fragmentos en primer lugar. También para aplicaciones en la industria solar, las varas policristalinas desarrolladas se deben desmenuzar en primer lugar en fragmentos.

En el estado de la técnica son conocidos diversos procedimientos para el desmenuzado de varas de silicio.

10 El documento US 5 660 335 A da a conocer un procedimiento de desmenuzado, en el que se apunta a una vara cristalina con un chorro de agua de alta presión.

En el documento US 6 360 755 B1 se describe un procedimiento en el que se desmenuza una vara cristalina con ayuda de ondas de choque, generadas mediante energía eléctrica.

15 En el documento US 4 871 117 A se propone descompactar una vara cristalina en primer lugar mediante acción térmica, y desmenuzar la misma a continuación mediante acción de fuerza mecánica.

El documento US 2010/025060 A1 describe una herramienta de trituración que comprende un medio propulsor para un émbolo neumático, para conducir el émbolo instalado en una carcasa, por medio de aire a presión, de una posición de retroceso a una posición de proyección, en tubo guía unido a la carcasa y que se extiende en el sentido del movimiento del émbolo, y una cabeza de martillo.

20 El tramo final posterior de la cabeza de martillo está introducido de manera móvil en el tramo final anterior del tubo guía. Si el émbolo se mueve de la posición de retroceso a la posición de proyección, el extremo delantero del émbolo colisiona con el extremo trasero de la cabeza de martillo.

25 El documento US 7 360 727 B2 da a conocer un dispositivo de trituración mecánico para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina, que comprende una base, así como un cincel de desmenuzado y un contracincel, poseyendo el cincel de desmenuzado y el contracincel un eje longitudinal que está orientado en ángulo recto respecto al eje longitudinal de la base, y paralelamente a la superficie de la base, y siendo móviles el cincel de desmenuzado y el contracincel de tal manera que una vara de silicio a desmenuzar, situada en la superficie de la base, se puede ajustar entre los cinceles de modo que todos los cinceles poseen un contacto con la vara de silicio en la zona de la vara de silicio, y los cinceles de desmenuzado se pueden conducir ante y tras la vara de silicio en el sentido de su eje longitudinal hasta una distancia de seguridad hacia el contracincel, y los cinceles de desmenuzado actúan sobre la vara de silicio por medio de un movimiento percutivo en el sentido de su eje longitudinal, y despedazan la misma.

35 Del mismo modo, la US 7 360 727 B2 da a conocer un procedimiento para el desmenuzado mecánico de una vara de silicio policristalina, en el que la vara de silicio policristalina se encuentra en una base de altura regulable, y en ésta se ajusta entre cincel de desmenuzado y contracincel de modo que todos los cinceles en la zona de la vara de silicio poseen un contacto con la vara de silicio, y el cincel de desmenuzado y el contracincel, ante o tras la vara de silicio, se aproximan hasta una distancia de seguridad, y a continuación se inicia en todos los cinceles de desmenuzado que descansan en la vara de silicio un impulso de impacto recurrente que ocasiona un desmenuzado de la vara de silicio.

40 El documento US 2011/068206 A1 describe un dispositivo de trituración para desmenuzar eficientemente un grumo de silicio, produciéndose poco material de trituración fino (polvo). La herramienta de trituración comprende una cabeza de martillo, que está unida a un émbolo, encontrándose la cabeza de martillo sin aire a presión en una posición de reposo, y moviéndose de la posición de reposo mediante aplicación de aire a presión para colisionar con un grumo de silicio. En el dispositivo de trituración, una pluralidad de herramientas de trituración distanciadas entre sí, respectivamente con una cabeza de martillo, se encuentra frente al grumo de silicio que se encuentra sobre una base.

45 El documento JP H10 15422 A da a conocer un procedimiento en el que se calienta una vara de silicio policristalina en primer lugar a 400-800°C, y después se enfría a menos de 100°C, de modo que en el cristal se producen grietas finas. Después se desmenuza la vara de silicio entre yunque inmóvil y cincel.

Se ha mostrado que con el procedimiento conocido por el estado de la técnica no se puede conseguir un resultado de trituración óptimo. Es necesaria demasiada energía o una pluralidad de impactos recurrentes para desmenuzar el silicio. Esto tiene efectos negativos sobre la contaminación de silicio. Además, la duración de los componentes empleados es insuficiente.

5 El planteamiento del problema de la presente invención resulta de esta problemática.

Este problema se soluciona mediante un dispositivo para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina, que comprende una base, así como al menos un cincel de desmenuzado móvil y al menos un yunque inmóvil, poseyendo el cincel de desmenuzado un eje longitudinal que está orientado paralelamente o casi paralelamente a la superficie de la base, pudiéndose ajustar una vara de silicio a desmenuzar, situada sobre la superficie de la base, respectivamente entre cincel de desmenuzado y yunque, de tal manera que cincel de desmenuzado y yunque pueden poseer un contacto con la vara de silicio en la zona de la vara de silicio, y respectivamente un punto de apoyo de vara de silicio y yunque, así como un eje transversal de la vara de silicio que transcurre a través de un centro de vara, o un eje de la vara de silicio, paralelo al eje transversal y distanciado hasta un 30 % de un diámetro de vara del centro de la vara, se sitúan sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado o sobre un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y distanciado en hasta un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, poseyendo yunque y vara de silicio un punto de apoyo, y estando curvada la superficie del yunque que contiene este punto de apoyo.

La tarea de la invención se soluciona también mediante un procedimiento para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina, en el que la vara de silicio policristalina se encuentra sobre una base, y se ajusta en ésta entre al menos un cincel de desmenuzado móvil y al menos un yunque inmóvil, de tal manera que cincel de desmenuzado y yunque, respectivamente en la zona de la vara de silicio, pueden poseer un contacto con la vara de silicio, poseyendo yunque y vara de silicio exactamente un punto de apoyo, y estando curvada la superficie del yunque que contiene este punto de apoyo, y situándose el punto de apoyo de vara de silicio y yunque, así como un eje transversal de la vara de silicio, que transcurre a través de un centro de vara, o un eje de la vara de silicio paralelo al eje transversal, y distanciado hasta un 30 % de un diámetro de vara del centro de vara, sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado, o sobre un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y desplazado en hasta un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y a continuación se inicia un impulso de impacto, no tocándose cincel y vara de silicio en el inicio del impulso de impacto, ocasionando el cincel de desmenuzado una desmenuzado de la vara de silicio.

30 En el caso de la vara de silicio se trata preferentemente de un cuerpo sensiblemente simétrico en rotación, con una sección transversal esencialmente circular, que comprende un eje longitudinal y un eje transversal.

Los ejes longitudinales del cincel de desmenuzado, o un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y desplazado en hasta un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, forman preferentemente ejes transversales a través del centro de la vara, o un eje paralelo a la misma, y ejes que se desvían del mismo en hasta un 30 % del diámetro de vara, y el punto de apoyo en el yunque forman un eje.

Preferentemente se emplean varios cinceles de desmenuzado y el mismo número de yunques.

Respectivamente en el eje longitudinal del cincel de desmenuzado o en un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y distanciado en hasta un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, se sitúa un eje transversal de la vara de silicio que transcurre a través de un centro de vara, o un eje de la vara de silicio paralelo a este eje transversal, y distanciado en hasta un 30 % de un diámetro de vara del centro de vara, así como un punto de apoyo entre vara de silicio y yunque. En otras palabras, tanto yunque como también cincel de desmenuzado, independientemente entre sí, pueden estar desplazados respectivamente hasta en un 30 % en ambos sentidos del eje transversal de la vara de silicio que transcurre a través de un centro de vara.

Preferentemente, el eje transversal de la vara de silicio situado sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado o sobre un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado y distanciado hasta en un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, está separado hasta en un 10 % de diámetro de vara del eje transversal de la vara, que transcurre a través del centro de la vara.

50 Preferentemente, el eje transversal de la vara de silicio situado sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado o sobre eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado y distanciado hasta en un 10 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, está separado hasta en un 30 % de diámetro de vara del eje transversal de la vara, que transcurre a través del centro de la vara.

Preferentemente, el eje transversal de la vara de silicio situado sobre el eje longitudinal del cincel de

desmenuzado o sobre eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado y distanciado hasta en un 10 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, está separado hasta en un 10 % de diámetro de vara del eje transversal de la vara, que transcurre a través del centro de la vara.

5 Idealmente, el eje transversal de la vara de silicio, que transcurre a través del centro de la vara, y el eje longitudinal del cincel de desmenuzado, así como el punto de apoyo entre yunque y vara de silicio, se sitúan en un eje común, lo que significa, en otras palabras, que el punto de apoyo entre yunque y vara de silicio, así como el centro de vara de la vara de silicio, se sitúan en el eje longitudinal del cincel de desmenuzado.

Se debe entender por centro de vara de la vara de silicio un punto en el eje geométrico (eje de gravedad que une entre sí los centros de gravedad de la sección transversal) de la vara cilíndrica.

10 Se debe entender por punto de apoyo un punto de contacto entre yunque y vara de silicio.

El cincel de desmenuzado presenta configuración móvil, y se puede mover preferentemente en dos direcciones paralelamente al sentido de impacto y perpendicularmente al plano de la base, para equilibrar diferencias de diámetro de las varas de silicio. Preferentemente, la unidad de trituración total, que comprende varios cincelos de desmenuzado, presenta configuración móvil. Alternativamente, para el movimiento del cincel de desmenuzado paralelamente al sentido de impacto y perpendicularmente al plano de la base, también la propia base puede presentar configuración móvil del mismo modo.

15 El cincel de desmenuzado es preferentemente paralelo o está orientado con una inclinación de hasta 30° respecto a la base. Es especialmente preferente una inclinación del cincel de desmenuzado de 10°, en el caso ideal, cincel de desmenuzado y base están dispuestos en paralelo.

20 Por cincel de desmenuzado está previsto un yunque enfrentado, que es inmóvil respecto a la base, y preferentemente tiene la forma de un cilindro o de un semicilindro. En el ámbito de la invención, la forma cilíndrica debe comprender también componentes con una sección transversal elíptica o semielíptica. La superficie del yunque, que está en contacto con la vara de silicio, está curvada. Mediante esta forma se puede asegurar que la vara de silicio tenga exactamente un punto de contacto, o bien un punto de apoyo con el yunque. El yunque puede estar estructurado en una pieza y en varias piezas. También la estructura de varias piezas del yunque debería estar configurada de modo que existiera exactamente un punto de apoyo entre yunque y vara de silicio.

25 Si en el ámbito de la invención se trata de un yunque inmóvil y fijado de manera rígida, se debe entender por esto que el yunque es inmóvil y está fijado de manera rígida durante el funcionamiento, es decir, mientras que se desencadenan impulsos de impacto. Por lo demás, los yunques pueden presentar configuración absolutamente móvil, para facilitar un ajuste de yunque, vara de silicio y cincel de desmenuzado.

30 El eje geométrico del yunque es preferentemente perpendicular o casi perpendicular al eje de impacto. El eje geométrico del yunque puede estar inclinado hasta en 30° contra el eje de impacto. Es especialmente preferente una inclinación del yunque de 10°, en el caso ideal, el eje geométrico del yunque y el eje de impacto son perpendiculares entre sí. El eje de impacto viene dado por el eje longitudinal del yunque de desmenuzado.

35 Un extremo del cincel de desmenuzado, que está en contacto con la vara de silicio, presenta preferentemente una forma redonda, y preferentemente no comprende un aplanamiento.

40 En el desmenuzado de la vara de silicio se efectúa preferentemente sólo un único impacto con el cincel de desmenuzado. Si se emplean varios cincelos de desmenuzado, por cincel de desmenuzado se efectúa exactamente un impacto. En el inicio del impulso de impacto se selecciona preferentemente una distancia del extremo del cincel de desmenuzado con la vara de silicio que corresponde a la elevación ajustada previamente del cincel de desmenuzado, deduciendo la posible profundidad de penetración en la vara de silicio. Se debe entender por elevación un movimiento lineal del cincel de desmenuzado ajustado previamente en dirección pieza de trabajo. La elevación se puede variar habitualmente mediante impactos regulables. Cuanto mayor es la elevación, tanto más elevada es la energía de impacto.

45 Los yunques están preferentemente fijados de manera rígida en el funcionamiento.

50 Eje de impacto, o bien eje longitudinal del cincel de desmenuzado, al menos uno, y la base están inclinados preferentemente en un ángulo de 0-90° contra la horizontal. En el caso de una inclinación de 90°, la vara de silicio toca la base (que representa en este caso una limitación lateral del dispositivo), y descansa sobre el yunque. Es especialmente preferente un ángulo de inclinación de 1-45°, de modo que una vara de silicio situada sobre la base rueda contra el cincel, al menos uno, debido a su propio peso. En este caso, es especialmente preferente un ángulo de inclinación de 1-20°.

Yunque(s) y extremo(s) del (de los) cincel(es) de desmenuzado están constituidos preferentemente por carburo de wolframio (WC). Alternativamente, para yunque(s) y extremo(s) de cincel(es) de desmenuzado se pueden emplear aceros revestidos de metales duros o cerámicas.

5 Si están conectados en serie varios cinceles de desmenuzado, se efectúa una secuencia de impacto a lo largo de la longitud de una vara de silicio, de modo preferente, alternativamente de fuera hacia dentro.

En primer lugar se efectúa, por ejemplo, un impulso de impacto a través de uno de los cinceles de desmenuzado situados externamente, después un impulso de impacto a través del cincel de desmenuzado acoplado en el otro extremo de la longitud de la vara de silicio, y a continuación alternativamente impulsos de impacto a través del cincel de desmenuzado situado más interiormente.

10 Estos impactos alternantes se efectúan preferentemente en un intervalo de tiempo relativamente corto, de 5-1000 ms. Para evitar la influencia de cinceles adyacentes y, por consiguiente, para aumentar la duración de los cinceles, tras cada impacto y antes del desencadenamiento del cincel siguiente se retira de nuevo el cincel previo.

15 Con una pluralidad de cinceles de desmenuzado, las diferentes zonas de una serie de cinceles de desmenuzado se pueden dividir en grupos, para permitir que las series de impactos se desarrollen paralelamente en todos los grupos.

Alternativamente es posible iniciar, paralela o alternadamente a una serie de impactos de fuera hacia dentro, una serie de impactos del centro de la serie de cinceles de desmenuzado alternadamente hacia fuera.

20 En el caso de suficiente distancia de los cinceles de desmenuzado, los impactos de cinceles de desmenuzado aislados en una serie de impactos se pueden efectuar también simultáneamente.

Mientras que anteriormente se describen algunas formas de ejecución del modelo de serie de impacto consideradas preferentes, es evidente que son posibles modificaciones del modelo de serie de impacto, sin desviarse del espíritu de la invención. Por lo tanto, la invención no debe estar limitada de ningún modo a las formas de ejecución concretas descritas.

25 Mediante un gran número de ensayos de trituración, los inventores han identificado que se puede conseguir un resultado de trituración óptimo con la mínima energía de impacto posible sólo si se presentan respectivamente un punto de apoyo de vara de silicio y yunque, así como un eje transversal de la barra de silicio que transcurre a través de un centro de vara, o un eje de la vara de silicio paralelo a tal eje transversal, y distanciado en hasta un 30 % de un diámetro de vara del centro de la vara, sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado, o sobre
30 un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y distanciado hasta en un 30 % de diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado.

También se investigó cómo se comporta un material de silicio diferente. A tal efecto se llevaron a cabo ensayos con material ligeramente quebradizo, poroso, así como con silicio compacto. También se varió en los ensayos la rigidez de los yunques.

35 En este caso se ha mostrado que en el caso de empleo de yunques duros y fijados de manera rígida se requiere la mínima energía de impacto con material compacto. Ya una energía de impacto de 200 J puede ser suficiente para desmenuzar una vara compacta. Por primera vez se pudo triturar varas de silicio compactas con diámetro de vara > 150 mm con energía de impacto reducida, sin empleo de un impacto múltiple, de modo poco contaminante.

40 En el caso de material ligeramente quebradizo, el acondicionamiento del yunque tiene una menor influencia sobre el comportamiento de trituración. Independientemente del acondicionamiento del yunque son suficientes aproximadamente 75 J para desmenuzar tal vara. En el caso de material ligeramente quebradizo se puede prescindir de un yunque, como ya se ha mencionado anteriormente.

45 En el caso de silicio compacto es suficiente una energía de impacto de 400 J, si se emplea un yunque duro y fijado de manera rígida. A modo de ejemplo, a tal efecto es apropiado un yunque de carburo de wolframio, que está fijado a través de una construcción de bastidor maciza, rígida. Si en lugar de éste se emplea un yunque constituido por un material más blando, más flexible, o para la fijación del yunque se emplea una construcción de bastidor flexible, es necesaria una energía de impacto de al menos 1000 J para triturar una vara compacta.

50 Una energía de impacto más reducida ayuda a aumentar la estabilidad/durabilidad de los componentes cargados por un proceso de trituración.

Además, una energía de impacto reducida disminuye la carga de contaminación en el silicio policristalino.

En el caso de varios puntos de apoyo, una línea o superficie de apoyo, la fuerza de impacto se distribuye a lo largo de la vara, e influye negativamente sobre el resultado de trituración de este modo.

5 Por consiguiente, las soluciones propuestas en el estado de la técnica con base en forma de prisma o una superficie de apoyo plana en forma de una contraplaca son extremadamente desfavorables para el resultado de trituración. Una superficie de apoyo oblicua ocasiona que se desvíe el impulso de impacto de retroceso retroactivo, que tiene una acción de trituración adicional.

La disposición de trituración óptima, que prevé que el eje de impacto se sitúe paralelamente a la base, minimiza las cargas de la base en el proceso de trituración.

10 Por lo tanto, la base puede ser elaborada a partir de materiales que son inofensivos respecto a una contaminación de silicio. A tal efecto son apropiados, a modo de ejemplo, silicio, PU u otros materiales sintéticos.

15 La forma de cilindro oblonga preferente del yunque permite la cobertura total del diámetro de vara a triturar. La altura del yunque sobre la base a tal efecto se debe seleccionar preferentemente de modo que corresponda al menos a la mitad del diámetro de vara.

El método de impacto simple reduce la carga de contaminación en comparación con un impulso de impacto recurrente propuesto en el estado de la técnica, mediante contacto con cincel de desmenuzado y yunque.

20 El yunque como punto de apoyo debería ser idealmente duro y estar fijado de manera rígida para reflejar de manera óptima el impulso de impacto. Un contracincel móvil a través de los ejes de avance – como se reivindica en el estado de la técnica – no puede cumplir este cometido.

La leve inclinación del dispositivo (eje de impacto y base) ocasiona que la vara de silicio ruede contra el yunque debido a su propio peso, y se asegure un contacto de yunque directo decisivo para el resultado de trituración óptimo.

25 Ya que la enorme energía de impacto dañaría a la larga el sistema total en el caso de desencadenamiento simultáneo de una pluralidad de cinceles de desmenuzado dispuestos en serie, los cinceles de desmenuzado se activan en ciertos intervalos de tiempo.

No obstante, si esto se efectúa orientado de extremo de vara a extremo de vara, la vara puede migrar/derivar en su posición en la sucesión de impactos, y reducir de este modo el éxito de trituración.

30 Una sucesión de impactos que se efectúa alternadamente de los extremos de vara en último término al centro de la vara, impide eficazmente variaciones de posición de la vara (sin una sujeción o tope lateral, necesario en caso contrario).

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Dispositivo para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina, que comprende una base, así como al menos un cincel de desmenuzado móvil, y al menos un yunque inmóvil, poseyendo el cincel de desmenuzado, al menos uno, un eje longitudinal que está orientado paralelamente o casi paralelamente a la superficie de la base, pudiéndose ajustar una vara de silicio situada en la superficie de la base, a desmenuzar, respectivamente entre cincel de desmenuzado y yunque, de tal manera que cincel de desmenuzado y yunque pueden poseer un contacto con la vara de silicio en la zona de la vara de silicio, y respectivamente un punto de apoyo de vara de silicio y yunque, así como un eje transversal de la vara de silicio que transcurre a través de un centro de vara, o un eje de la vara de silicio paralelo a tal eje transversal, y desplazado hasta en un 30 % de un diámetro de vara del centro de vara, se sitúan sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado o sobre un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado y distanciado hasta en un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, caracterizado por que yunque y vara de silicio poseen exactamente un punto de apoyo, y la superficie del yunque que contiene este punto de apoyo está curvada.
- 10
- 15 2.- Dispositivo según la reivindicación 1, estando constituidos una punta del cincel de desmenuzado y el yunque por carburo de wolframio.
- 20 3.- Procedimiento para el desmenuzado de una vara de silicio policristalina, en el que la vara de silicio policristalina se encuentra sobre una base y en ésta se ajusta entre al menos un cincel de desmenuzado móvil y al menos un yunque inmóvil, de tal manera que cincel de desmenuzado y yunque pueden poseer un contacto con la vara de silicio en la zona de la vara de silicio, y el punto de apoyo de vara de silicio y yunque, así como un eje transversal de la vara de silicio que transcurre a través de un centro de vara, o un eje de la vara de silicio paralelo a tal eje transversal, y desplazado hasta en un 30 % de un diámetro de vara del centro de vara, se sitúan sobre el eje longitudinal del cincel de desmenuzado o sobre un eje paralelo al eje longitudinal del cincel de desmenuzado y distanciado hasta en un 30 % del diámetro de vara del eje longitudinal del cincel de desmenuzado, y a continuación se inicia un impulso de impacto, no estando en contacto cincel y vara de silicio en el inicio del impulso de impacto, provocando el cincel de desmenuzado un desmenuzado de la vara de silicio, caracterizado por que yunque y vara de silicio poseen exactamente un punto de apoyo, y la superficie del yunque que contiene este punto de apoyo está curvada.
- 25
- 30 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, presentando el yunque un eje geométrico, que presenta un ángulo recto, o casi un ángulo recto respecto al eje longitudinal del cincel de desmenuzado.
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 o 4, estando conectados en serie varios cinceles de desmenuzado, y efectuando los mismos impulsos de impacto en forma de una secuencia de impactos a lo largo de la longitud de una vara de silicio, alternativamente de fuera hacia dentro.