

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 237 293**

② Número de solicitud: 200301432

⑤ Int. Cl.7: **B23K 26/14**

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **19.06.2003**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2005**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.07.2005

⑦ Solicitante/s: **Universidad de Vigo**
c/ Oporto, nº 1
36200 Vigo, Pontevedra, ES

⑦ Inventor/es: **Quintero Martínez, Félix;**
Pou Saracho, Juan María;
Lusquiños Rodríguez, Fernando;
Boutinguiza Larosi, Mohamed;
Soto Costas, Ramón Francisco y
Pérez-Martínez y Pérez-Amor, Mariano Jesús

⑦ Agente:
Gómez-Acebo y Duque de Estrada, Ignacio

⑤ Título: **Método para el corte de elementos o piezas cerámicas.**

⑦ Resumen:

Método para el corte de elementos o piezas cerámicas. Mediante el método objeto de la invención es posible cortar elementos cerámicos tales como azulejos, baldosas, piezas de gres, gres porcelánico, cerámicas tradicionales, cerámicas refractarias, cerámicas avanzadas, etc... con las formas deseadas sin que se produzcan roturas en las mismas y permitiendo el corte de elementos cerámicos de diferente composición o forma sin necesidad del cambio de equipo o de herramienta.

El método está basado en la irradiación de un haz láser sobre la pieza a la vez que se aplica un chorro de gas supersónico. Este método supone una considerable mejora frente a los métodos convencionales dado que se elimina el ruido, se disminuyen las vibraciones, se reducen las emisiones de polvo y la utilización de líquidos refrigerantes.

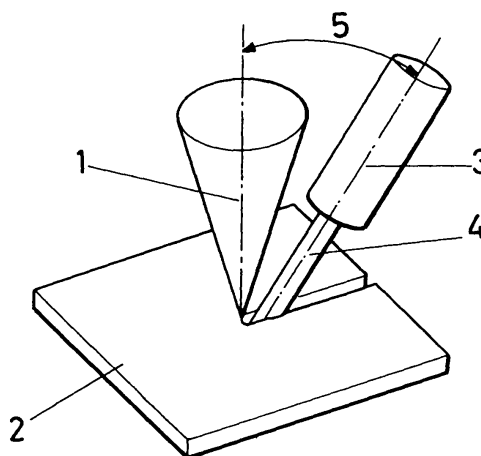


FIG.1

ES 2 237 293 A1

DESCRIPCIÓN

Método para el corte de elementos o piezas cerámicas.

Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un método para el corte de elementos o piezas de cerámica, mediante la aplicación de una radiación láser.

Mediante el método objeto de la invención es posible cortar elementos cerámicos tales como azulejos, baldosas, piezas de gres, gres porcelánico, cerámicas tradicionales, cerámicas refractarias, cerámicas avanzadas, etc... con las formas deseadas sin que se produzcan roturas en las mismas y permitiendo el corte de elementos cerámicos de diferente composición o forma sin necesidad del cambio de equipo o de herramienta.

Antecedentes de la invención

Durante miles de años, se ha venido utilizando la arcilla como materia prima fundamental para la fabricación de ladrillos, tejas, piezas de alfarería, etc... En la actualidad los diferentes tipos de cerámicas abarcan un amplio abanico de aplicaciones: sirven como abrasivos y herramientas de corte, como aislantes térmicos, como aislantes eléctricos, como materiales biocompatibles, elementos de construcción, catalizadores, innovilizadores de residuos radiactivos, etc... Esta variedad de aplicaciones convierte a las cerámicas en materiales de uso común en múltiples campos de nuestra vida y, a la vez, en materiales indispensables en la industria moderna.

En todas sus aplicaciones, los materiales cerámicos son apreciados por sus excelentes propiedades, fundamentalmente su capacidad de resistir el calor y el ataque químico.

Durante las últimas décadas se ha venido desarrollando un tipo especial de materiales cerámicos, denominados cerámicas técnicas o cerámicas avanzadas, cuyas propiedades las hacen especialmente indicadas para aquellas aplicaciones en las que las condiciones de trabajo son más exigentes (véase por ejemplo la obra editada por E. J. Brook, "Ceramics Materials Research". Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, (1988)). Así este tipo de cerámicas presentan las siguientes propiedades:

- Una estabilidad térmica difícilmente superable.
- Resistencia al desgaste considerablemente mayor que la de los metales.
- Excelente poder aislante frente a la circulación de la corriente eléctrica.
- Alta estabilidad química.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Elevada dureza y rigidez.

Por contra, el principal inconveniente de las cerámicas es su fragilidad. La estructura atómica particular de los materiales cerámicos, que los dota de unas elevadas estabilidades química y térmica, les confiere también una gran fragilidad. Los materiales cerámicos trabajan muy bien a compresión pero cuando son sometidos a fuerzas de tracción o a esfuerzos cortantes presentan problemas de aparición de grietas y fractura (véase la obra editada por M. Swain, "Structure and properties of ceramics". Materials Science

and Technology. VCH Weinheim, (1991)).

Un campo en el que las cerámicas avanzadas han supuesto un gran avance abriendo nuevas posibilidades es el de las altas temperaturas. En aquellos sistemas industriales en los que se requiere soportar determinados esfuerzos a temperaturas muy elevadas, las cerámicas avanzadas suponen, sin duda, la mejor solución disponible en la actualidad. Para este tipo de aplicaciones las cerámicas más utilizadas son la alúmina, zircona, cordierita, mullita, carburo de silicio o nitruro de silicio entre otras.

Uno de los diferentes problemas que se presentan en todo el proceso de fabricación de piezas cerámicas para aplicaciones a alta temperatura es el del mecanizado de las mismas una vez cocidas. Como hemos comentado anteriormente, una propiedad común a estas cerámicas avanzadas es su elevada dureza y su fragilidad. La combinación de estas dos propiedades hace muy penoso el proceso de mecanizado de los elementos cerámicos una vez sometidos al proceso de cocción.

Tradicionalmente, el mecanizado de las piezas cerámicas se realiza por medios mecánicos utilizando herramientas diamantadas (sierras, fresas, brocas diamantadas). Este tipo de mecanizado presenta los siguientes inconvenientes:

- Coste elevado de las herramientas diamantadas.
- La pieza cerámica es sometida a esfuerzo durante el proceso de mecanizado. Esto puede provocar la aparición de grietas que reduzcan la vida útil de la pieza, o, incluso, causen la rotura de la misma.
- Necesidad de refrigeración.
- Lentitud del proceso.
- Generación de elevados niveles de ruido.
- Desgaste de las herramientas.
- Desprendimiento de polvo.

Por lo que se refiere al procesamiento de materiales con láser, este es un campo de aplicación del láser iniciado hace un par de décadas y que ha estado muy focalizado en el procesamiento de materiales metálicos (véanse a modo de ejemplo las siguientes obras: M. Bass, "Laser materials processing", North-Holland, Amsterdam (1983); O. D. D. Soares y M. Pérez Amor, "Applied laser tooling", Martinus Nijhoff, Dordrecht (1987); W.M. Steen, "Laser material processing", Springer-Verlag, Londres (1991)).

Descripción de la invención

La presente invención presenta una aplicación del láser para el corte de piezas o elementos fabricados con materiales cerámicos.

Una de las ventajas de la presente patente es la posibilidad de realizar tratamientos sobre las piezas cerámicas imposibles de realizar por métodos mecánicos. Así es posible el corte de elementos de cualquier forma o geometría, pudiendo realizar cortes ciegos o intermitentes.

Otra de las ventajas que presenta la invención objeto de la presente patente es el hecho de que el procesamiento se realiza sin contacto con la pieza, con lo que, en ningún caso se ve sometida a solicitaciones mecánicas durante el proceso del tratamiento láser,

cosa que es inherente a los procesos mecánicos. Además, al no establecerse contacto alguno entre la pieza y la herramienta, ésta no sufre desgaste ni corrosión, por lo que no es necesario afilarla ni reemplazarla.

Por otra parte, a diferencia de los métodos convencionales, el haz láser puede ser movido fácilmente lo que hace que este método de corte tenga unas posibilidades muy amplias de automatización e integración en sistemas de fabricación flexible.

Desde un punto de vista medioambiental la invención objeto de la presente patente presenta las siguientes ventajas:

- Eliminación del ruido.
- Disminución de las vibraciones.
- Reducción del polvo desprendido al ambiente.
- Reducción de los líquidos refrigerantes.

Además, desde un punto de vista económico, podemos señalar las ventajas siguientes:

- Incremento de la productividad.
- Mejora de la calidad del producto terminado, la cual se puede garantizar dentro de unos estrechos márgenes.
- Mayor aprovechamiento de los materiales dada la reducción de los residuos propios del mecanizado.

El método de corte de elementos o piezas cerámicas mediante láser objeto de la presente patente, consiste en someter dicho elemento o pieza a la acción combinada de la radiación láser y un chorro de gas trabajando en régimen supersónico. El proceso de corte se realizará preferiblemente una vez cocido el elemento o pieza cerámica, aunque también puede ser realizado con el elemento o pieza en verde, es decir, previamente a la cocción.

La principal función del gas asistente en el corte con láser es la transferencia de su momento cinético al material fundido para expulsarlo fuera de la pieza y formar la ranura de corte. La eficiencia con la que el gas realiza esta función está enormemente influenciada por las condiciones aerodinámicas existentes en el chorro incidente y en el flujo dentro de la ranura de corte.

Los cabezales de corte con láser convencionales consisten, fundamentalmente, en un conjunto cilíndrico que envuelve el haz colimado y una lente convergente que lo focaliza. Inmediatamente después de la lente se introduce el gas a presión en un conducto convergente de perfil aproximadamente cónico. La salida es de sección generalmente circular y por este orificio emergen el haz láser y el chorro de gas, de forma que sus direcciones de propagación son coaxiales y perpendiculares a la pieza a cortar. De este modo, los sistemas de corte por láser convencionales disponen de una tobera convergente para realizar la inyección del gas asistente sobre el frente de corte, lo cual presenta una serie de limitaciones que comentaremos a continuación.

Uno de los principales problemas que plantean los elementos cerámicos en el corte con láser es que el líquido que forman al fundirse es muy viscoso, lo que complica su expulsión del frente de fusión para producir la entalladura del corte. Cuando el material fun-

dido fluye con dificultad es necesario incrementar la velocidad del gas para obtener un chorro más energético y aumentar así su capacidad de arrastre. Sin embargo, al utilizar una tobera convergente, si se pretende aumentar la energía cinética del chorro incrementando la presión de suministro, lo que se obtiene es un flujo con una velocidad de salida invariable pero con una presión creciente, esto significa que el chorro emergerá infraexpandido. A su salida de la tobera convergente, se forma un abanico de ondas de expansión que surge de los bordes de la sección de salida produciendo la divergencia del chorro de gas. Se puede observar que esta divergencia es más acusada cuanto mayor es el grado de infraexpansión. Como resultado de este proceso, la presión del chorro decrece hasta igualarse a la presión ambiente adyacente a la frontera formada entre el chorro y el gas estacionario que lo rodea ocupando el recinto de descarga de la tobera. Sin embargo, a causa de la inercia del fluido, tras sufrir esa aceleración axial y radial se expande en exceso hasta que se produce una depresión en una región en torno al eje del chorro al mismo tiempo que alcanza su máxima sección transversal. Entonces las ondas de expansión se reflejan en la frontera transformándose en ondas oblicuas de compresión; el fluido se comprime al atravesarlas para compensar la sobre-expansión, de forma que disminuye su velocidad axial y cambia de sentido su componente radial produciéndose la convergencia del chorro. Este proceso provoca una degradación de la energía disponible en el chorro de gas asistente. Si el grado de infraexpansión es suficientemente elevado, en la zona en la que intersecan las ondas oblicuas de compresión se llegará a formar una onda de choque normal que comprime bruscamente el flujo con una pérdida de energía.

Esta clase de flujos en los que se combinan regiones de velocidad supersónicas y regiones subsónicas, se suele denominar transónico. En ellos la distribución de la presión de estancamiento no es uniforme, sufre fuertes variaciones y disminuye la capacidad de expulsión del material.

Por otra parte, se han realizado ensayos de corte en los que se observa que al aumentar la presión de la tobera para aumentar la velocidad de corte, se produce una mejoría sólo hasta llegar a un máximo a partir del cual sucesivos incrementos de la presión producen un descenso de la velocidad de corte. Este hecho puede explicarse por la presencia de la onda de choque normal en el chorro mencionada anteriormente. La intensidad de esta onda de choque normal tiene un efecto crucial sobre las características aerodinámicas del chorro de gas en el frente de corte. La onda de choque normal produce una compresión irreversible del flujo, provocando una pérdida de la presión total y la velocidad del chorro de gas en una proporción que depende de la intensidad de la propia onda de choque. El aumento de la presión de la tobera produce un refuerzo de la onda de choque normal, lo que implica una degradación del momento cinético del chorro del gas en la ranura del corte y, en consecuencia, disminuye la capacidad del mismo para expulsar el material fundido. Por otro lado, dicha onda de choque supone un brusco aumento de la presión y de la densidad del fluido y, por tanto, de su índice de refracción, de manera que la onda de choque se comporta como una lente que desfocaliza el haz láser y disminuye su eficiencia para generar un corte óptimo.

Por otra parte, se ha demostrado que la distancia entre la tobera de inyección del gas y la pieza a cortar es un parámetro del proceso que tiene una enorme influencia sobre la intensidad de la onda de choque normal y, por tanto, sobre la eficacia del gas asistente para arrastrar el material fundido. De manera que es necesario mantener un estricto control de este parámetro de proceso que apenas permite un rango de variación del orden de 1 mm. Esto supone una limitación de los cabezales de corte convencionales, pues no es posible variar esta distancia para modificar otros parámetros del proceso, como por ejemplo la posición del foco del haz láser respecto a la pieza, sin alterar el compromiso entre ambos efectos.

Otro de los problemas aerodinámicos del gas asistente en el corte con láser es la oclusión que sufre el chorro procedente de una boquilla cuando pretendemos introducirlo en la ranura del corte para expulsar el material fundido que se encuentra en su interior. Este fenómeno se ve agravado en los chorros infraexpandidos que con la divergencia producto de su expansión radial aumentan su sección transversal.

Además este tipo de chorros muestran una clara inestabilidad en el interior del corte con presencia de turbulencias que adelantan el desprendimiento de la capa límite de gas asistente adherida a las paredes del corte. El desprendimiento de la capa límite dentro de la ranura del corte reduce la capacidad de arrastre del material fundido de la pared que posee el fluido. El resultado es un perfil de corte irregular, estriado, con presencia de rebabas y de material resolidificado, es decir con una calidad de corte limitada.

A diferencia de los métodos de corte por láser convencionales, en el método de corte de elementos o piezas cerámicas mediante láser objeto de la presente patente, el gas asistente es inyectado en la zona de corte por medio de una tobera convergente-divergente (también conocida como tobera de De Laval). De esta manera es posible conseguir chorros supersónicos con una elevada energía cinética y sin la presencia de los patrones de onda de choque o la naturaleza ondulatoria del perfil, propias de los chorros infraexpandidos procedentes de las toberas convergentes cuando trabajan a altas presiones. De este modo es posible obtener un chorro supersónico perfectamente expandido, evitando así la formación de ondas de expansión o de compresión, del mismo modo que se evita la divergencia radial del chorro a la salida, emergiendo con un perfil cilíndrico de generatrices paralelas. El resultado es una mejora en la calidad del corte, eliminándose el desprendimiento de la capa límite, evitándose la deposición de material fundido sobre la pared del corte.

El aumento de la capacidad de expulsión del material fundido por el chorro de gas y la ausencia de adherencias en los bordes de corte, además de aumentar la calidad del mismo y las prestaciones del proceso, tiene otra consecuencia muy importante en la pieza cortada. Al producirse un incremento del material expulsado del frente de fusión, se disminuye la zona afectada térmicamente. Esto repercute en un descenso de las tensiones térmicas residuales y en la desaparición del peligro de formación de microgrietas, lo que supone una gran ventaja frente a los resultados obtenidos con los métodos de corte por láser convencionales.

Otra de las ventajas que presenta el método de corte de elementos o piezas cerámicas objeto de la inven-

ción es la capacidad de realizar un ajuste de la distancia focal del haz láser y de la distancia entre la pieza y la tobera. Es decir: es posible focalizar el haz láser sobre la superficie de la pieza y mover la tobera inyectora de gas asistente manteniendo el haz láser enfocado. Esto es imposible de ser realizado mediante los cabezales convencionales de corte con láser. De esta manera se abren una serie de posibilidades de mecanizado de piezas de diferentes formas y geometrías.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, una única hoja de planos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado, esquemáticamente y en perspectiva, una pieza cerámica sufriendo los efectos generados por el sistema de corte correspondiente al método de la invención.

Realización preferente de la invención

El corte de elementos o piezas de cerámica mediante láser objeto de la invención, se lleva a cabo en un sistema adecuado del cual se muestra un ejemplo en la figura 1. Este método consiste básicamente en lo siguiente: el elemento o pieza de cerámica (2) que se desea cortar, se sitúa sobre un soporte apropiado a sus dimensiones en un sistema móvil. Dicho sistema puede consistir en un robot de cualquier tipo, en una mesa de coordenadas de cualquier tipo, o en una combinación de ambos sistemas. Este sistema estará conectado a un sistema de control automático de la posición de la pieza, que, por ser de uso común en equipos industriales, no se muestra en la figura. El haz láser (1) es conducido por medio de un sistema de guiado de haz adecuado (que puede ser bien un sistema de espejos, bien una fibra óptica, en función del tipo de fuente láser utilizada) hacia el elemento o pieza de cerámica (2). Para la realización del corte de los elementos o piezas cerámicas se necesita la acción conjunta del haz láser (1) y de un chorro de gas (4) trabajando en régimen supersónico. Este chorro de gas (4) es aportado a la zona de interacción entre el haz láser (1) y el elemento o pieza de cerámica (2) por medio de una boquilla supersónica (3). El chorro de gas asistente es dirigido a la zona de corte formando un ángulo de inclinación respecto al eje del láser (5) de entre 25 y 50°. Dicho chorro de gas (4) se retrasa una pequeña distancia del haz láser (entre 1 y 5 mm) para obtener una mejor extracción del material fundido.

Para la realización de cortes en dos y tres dimensiones, la boquilla supersónica (3) debe conectarse al sistema de control automático de la posición de la pieza (no mostrado en la figura por ser de uso industrial) de tal forma que la boquilla gire sincronizadamente con el movimiento del sistema móvil manteniendo a la vez un ángulo de inclinación con respecto al eje del láser (5) fijo.

La radiación láser puede provenir de un equipo láser de cualquier longitud de onda como, por ejemplo, un láser de CO₂, de CO, de N₂, de Nd:YAG, de Er:YAG, de Nd: vidrio, de Rubí, de HeNe, de HeCd, de HeHg, de Cu, de I, de Ar, de Kr, de diodo, químicos, de excímeros, de alejandrita, de esmeralda o de colorante. De todos modos los mejores resultados se han obtenido utilizando láseres de CO₂ o de Nd:YAG. La potencia necesaria para este tipo de láseres puede estar entre los 50 y los 3000 W, habiéndose obteni-

do los mejores resultados cuando se trabaja con una potencia entre 300 y 1000 W.

El haz láser (1) es focalizado por medio de una lente (no mostrada en la figura). Esta lente estará realizada de tal forma y en un material tal que permita la transmisión de la energía del haz láser (1). Esta lente tendrá una longitud focal entre 100 y 300 mm.

El gas asistente inyectado a través de la boquilla supersónica puede ser un gas inerte (Ar, He, Ne, N₂) o un gas oxidante (O₂, CO₂, aire comprimido).

Un ejemplo práctico de corte de elementos cerámicos mediante láser es el siguiente: placas de mullita alúmina de 4 mm de espesor son cortadas por medio

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

de un láser de Nd: YAG ($\lambda = 1.06 \mu\text{m}$) trabajando en modo pulsado a una frecuencia de 120 Hz, con un ancho de pulso de 1ms, con gas argón a una presión de 8×10^5 Pa y con una potencia de 500 W. En estas condiciones se obtuvieron cortes de excelente calidad a una velocidad de 5 mm/s.

Una vez descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como una forma de llevarla a la práctica, sólo queda añadir que en su conjunto y partes que la componen es posible introducir cambios de forma, materiales y de disposición siempre y cuando dichas alteraciones no varía en sustancialmente dicha invención.

REIVINDICACIONES

1. Método para el corte de elementos o piezas cerámicas, **caracterizado** porque en el mismo se establecen las siguientes fases operativas:

- a) Posicionamiento del elemento o pieza cerámica a cortar sobre un soporte adecuado a sus dimensiones, en un sistema móvil conectado a un equipo cualquiera de control de la posición de la pieza.
- b) Irradiación del elemento o pieza cerámica a cortar por medio de un haz láser e inyección simultánea de un chorro de gas supersónico en la zona de corte, formando un ángulo con respecto al eje del haz láser.
- c) Movimiento relativo entre el elemento o pieza cerámica y el haz láser.
- d) Extracción del material fundido de tal forma que la pared del corte queda limpia de adherencias, de material fundido y con una zona afectada térmicamente mínima.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el cual el chorro de gas asistente es dirigido a la zona de corte formando un ángulo de inclinación respecto al eje, del láser de entre 25 y 50°.

3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª y 2ª, en el cual la incidencia del chorro de gas sobre la zona de corte está retrasada una pequeña distancia del haz láser, preferentemente entre 1 y 5 mm

para obtener una mejor extracción del material fundido.

4. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 3ª, en el cual la potencia suministrada por el haz láser está comprendida entre los 50 y los 3000 W, preferentemente entre 300 y 1000 W.

5. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 4ª, en el cual el chorro de gas supersónico está constituido por cualquier tipo de gas, con cualquier composición química (Ar, He, Ne, N₂, CO₂, aire comprimido, etc...).

6. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 5ª, en el cual el sistema móvil conectado a un equipo cualquiera de control de la posición de la pieza consista en un robot de cualquier tipo, en una mesa de coordenadas de cualquier tipo, o en una combinación de ambos sistemas.

7. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 6ª, en el cual el haz láser provenga de un láser de cualquier longitud de onda, potencia, frecuencia o calidad de haz, como, por ejemplo, láser de CO₂, de CO, de N₂, de Nd: YAG, de Er: YAG, de Nd: vidrio, de Rubí, de HeNe, de HeCd, de HeHg, de Cu, de I, de Ar, de Kr, de diodo, químicos, de excímeros, de alejandrita, de esmeralda, de colorante, o cualquier otro tipo de láser.

8. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 7ª, en el cual un elemento o pieza cerámica de cualquier forma, tipo, composición química y dimensiones es cortada siguiendo una trayectoria de cualquier forma.

35

40

45

50

55

60

65

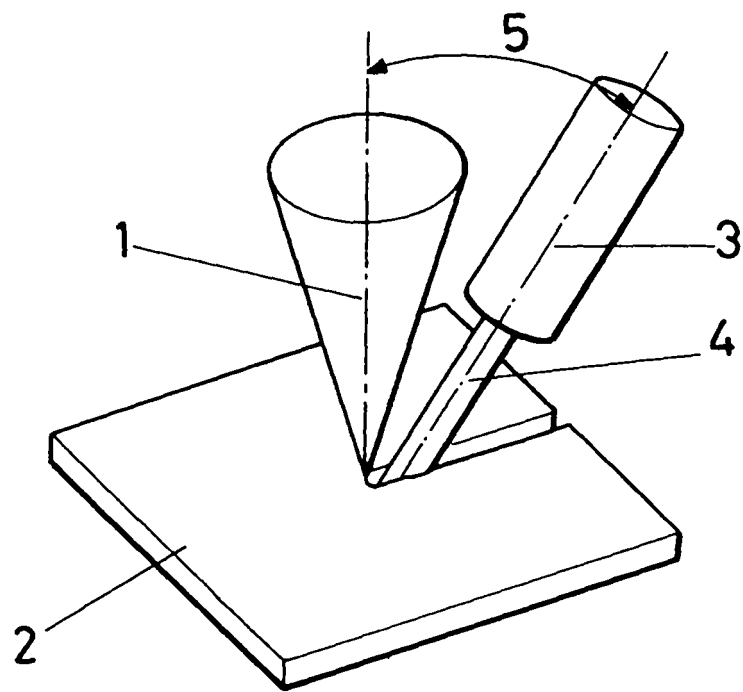


FIG.1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 237 293

② Nº de solicitud: 200301432

③ Fecha de presentación de la solicitud: 19.06.2003

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: B23K 26/14

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	DE 19856346 A1 (SCHOTT SPEZIALGIAS GMBH) 15.06.2000, todo el documento.	1-8
X	WO 9734731 A1 (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC; UNIVERSITY OF MANCHESTER INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 25.09.1997, página 4, líneas 19-27; página 5, líneas 19-29; página 10, línea 19 - página 11, línea 6; figura 2.	1-8
A	JP 2003034545 A (SEIKO EPSON CORP) 07.02.2003, todo el documento.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

10.06.2003

Examinador

M^º J. de Concepción Sánchez

Página

1/1