

345178

Memoria descriptiva



para solicitar PATENTE DE INVENCION **por 20 años**

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

entidad / de nacionalidad NORTEAMERICANA

con domicilio en Armonk, N.Y., Estados Unidos de América

por: "UN METODO DE DESGASTAR POR ABRASION UNA PIEZA DE
LABOR UTILIZANDO UNA HERRAMIENTA VIBRATORIA"
(Clase Internacional B23p)



La presente invención se refiere en general a un método de corte vibratorio, y más especialmente a la mecanización vibratoria usando una punta de herramienta más dura que las partículas de la suspensión que, a su vez,
5 son más duras que el material de la pieza de labor.

La invención implica el descubrimiento de que pueden lograrse velocidades excepcionalmente altas en el desgaste por abrasión, el corte, fresado y mecanización de materiales muy duros, mediante la adopción de métodos que
10 están en oposición directa con las enseñanzas de la técnica anterior a este invento. La información escrita sobre la cuestión, en la que se incluyen las instrucciones editadas por los fabricantes de equipos de mecanización con ultrasonidos, enseña que las herramientas de corte han de
15 fabricarse partiendo de metales relativamente blandos y elásticos, dependiendo el metal a elegir en cada caso del material a cortar; véase, por ejemplo, Raytheon Co. T.D-326, "Impact Grinders for ultrasonic machining-tool materials" ("rectificadoras de impacto para materiales de máqui
20 nas herramientas ultrasónicas"); Sheffield Corp. COI-108-A61, manual de "Tool Design Data" ("Datos de proyecto de herramientas"). Se creía que el material de herramientas duro o quebradizo no resistiría los esfuerzos ultrasónicos, y se desgastaría con igual rapidez que la pieza de labor.
25 Los metales normalmente especificados para las herramientas cortantes eran siempre más blandos que las partículas de abrasivo de la suspensión, porque se sostenía, en general, que la herramienta de corte debía estar impregnada o "cargada" con partículas de abrasivo. Los fabricantes de
30 equipos de mecanización por ultrasonidos reconocían que

26 OCT



mecanizar materiales muy duros, tales como zafiro, la alú-
mina, los carburos, es más difícil que mecanizar materia-
les más comunes, como el vidrio, los materiales semi-con-
ductores, el cuarzo, etc. El hecho es que tales operacio-
5 nes, usando métodos ya conocidos, vienen siendo prohibiti-
vamente lentas, y la velocidad de desgaste de la herramien-
ta prohibitivamente rápido, en el corte de los materiales
muy duros. Por ejemplo, para practicar una abertura razona-
blemente bien formada en una pieza de zafiro de sólo 0,25
10 mm de espesor hacen falta unas 4 horas. Es más, la herra-
mienta de metal relativamente blando, que puede usarse
sólo una vez, exige para su fabricación varias horas de
trabajo. Para cortar materiales más duros, tales como el
"licalox" (alúmina policristalina o amorfa no porosa) y
15 los carburos, los factores de tiempo y desgaste de herra-
mienta són aún más graves. Asimismo, en las aplicaciones
de la técnica ya conocida, la punta llega a deformarse per-
manentemente y, por tanto, es dimensionalmente inestable.

Las enseñanzas de las patentes anteriores a esta
20 invención están de acuerdo con la referencia precedente.
Por ejemplo, la patente EE.UU. 3.091.060 enseña que "la
barrena o broca está hecha en general de un metal o un ma-
terial más blando que la partícula de abrasivo de la sus-
pensión o, también, que el material a taladrar. Por consi-
25 guiente, durante el movimiento de vaivén de la barrena ha-
cia y desde el material, las partículas de abrasivo llegan
a empotrarse o incrustarse parcialmente en el miembro de
barrena, más blando. Esta relación en que la barrena es más
blanda que el material que se está taladrando o que las
30 partículas de abrasivo es esencial. De no ser así, y la

345178



barrena fuera más dura que el material que se está taladrando, las partículas de abrasivo desgastarían o se comerían rápidamente la barrena misma". Otras patentes a las que puede hacerse referencia para la compresión del corte ultrasónico en general, y especialmente del uso de herramientas concretas son: la Patente de Calosi y col., E.U.U. 2.704.333; y la Patente de Balamuth y col., E.U.U. 2.792.674.

La presente invención trae consigo el empleo de una punta de herramienta vibratoria más dura que las partículas de suspensión, para cortar formas en materiales que son muy duros, pero no tan duros como las partículas de la suspensión. Con esta relación entre la dureza de la punta de la herramienta y la de las partículas de la suspensión, la punta no llega a impregnarse o cargarse de partículas de suspensión, no se deforma permanentemente, y es dimensionalmente estable.

En otros términos, según se ha visto, han posibilitado resultados sorprendentes (tales como exactitud de dimensiones y muy altas velocidades de corte, con un desgaste insignificante de la herramienta), seleccionando las relaciones de dureza de la punta de la herramienta, las partículas de la suspensión y la pieza de labor, de manera que fueran, respectivamente $H_1 > H_2 > H_3$, en lugar de atenderse al requisito normal en la técnica ya conocida, de que la punta de la herramienta fuera más blanda que las partículas de la suspensión, es decir, que fueran $H_1 < H_2 > H_3$.

Hasta ahora, en las operaciones de desgaste por abrasión con ultrasonidos, cuando el tipo de trabajo exi-

345178



gía un acabado fino y liso, se hacía necesario emplear una o más operaciones sucesivas de pulido o lapeado con cambio de partículas de abrasivo, y hacía falta parar y volver a iniciar cada tipo de operación sucesivo. Ahora, merced, al método de la presente invención, los acabados de lapeado o afinado pueden asegurarse sin más que volver a hacer pasar la suspensión y mantener la operación de corte por algún tiempo más, ya que la punta de la herramienta es lo bastante dura para efectuar una operación de trituración potente adicional que sigue afinando el tamaño de partículas cada vez más, hasta lograrse la finura de acabado deseada. Como alternativa para obtener un acabado fino, hay necesidad en ocasiones de tener buena velocidad de corte, como requisito principal. Para conseguir esto se prescinde de la devolución y repetición de ciclo de suspensión triturada, y en su lugar se suministran continuamente nuevas partículas de suspensión, relativamente bastas o gruesas para cortar más deprisa de lo que sería posible con las partículas a medio gastar.

La creciente importancia de los materiales duros en diversas tecnologías sirve para dar gran relieve a esta invención. Por ejemplo, se considera generalmente que la alúmina "cocida" era demasiado dura para ser mecanizada de modo eficaz y, generalmente, se bastaba con recurrir en la práctica a mecanizar la pieza elemental "cruda", relativamente blanda, y cocer luego la pieza de labor ya conformada. Ahora bien, esto da lugar a una contracción y cierta pérdida de control dimensional durante la cocción. Pues bien, ahora que resulta practicable mecanizar tales materiales extraduros rápidamente usando este nuevo método,



es posible cocer primero la alúmina y efectuar posteriormente operación de corte con ultrasonidos.

Otra ventaja de esta invención es la aptitud para acelerar grandemente los procedimientos de producción siempre que se trate de mecanización con ultrasonidos, lo que es de considerable importancia económica. En aplicaciones anteriores a este invento, de fresado ultrasónico de materiales duros, el movimiento era muy lento por la poca velocidad de corte del abrasivo. Utilizando la presente invención se logra una velocidad de abrasión de la pieza de labor sorprendentemente rápida, porque la punta de la herramienta extradura proporciona una total repulsión y resistencia al amortiguamiento de retroceso de partículas de suspensión y partículas desprendidas de la labor. Las partículas expulsadas pierden muy poca energía para volver a la pieza de labor y, en cambio, cada partícula es metida de nuevo repetidamente en la pieza de labor con fuerza no disminuida.

En contraste con los mencionados inconvenientes de la técnica ya conocida, se ha visto que si, por ejemplo se usa una herramienta de corte, con punta entera de diamante, en contraste con la herramienta de corte cargada de suspensión, para la mecanización ultrasónica de materiales extraduros, las velocidades de corte son a menudo cientos de veces más rápidas, la velocidad de desgaste de la herramienta de diamante no deja de ser insignificante y las tolerancias de forma y dimensiones mejoran mucho. La punta de diamante entera se ha utilizado con éxito para trabajar rápidamente muchos materiales como, por ejemplo, el zafiro, el lucalox, los carburos, el vidrio, la alúmina y

345178



los metales duros, los aceros aleados y otros diamantes también.

Por todo ello, es objeto de la presente invención un método perfeccionado de mecanización vibratoria en el que la abrasión se efectúa con una punta de herramienta más dura que las partículas de abrasivo que se introducen entre la herramienta y la pieza de labor.

Otro objeto de esta invención reside en un nuevo método de mecanización, en el que las relaciones de dureza entre la punta de herramienta vibratoria, las partículas cortantes y la pieza de labor es, respectivamente:

$$H_1 > H_2 > H_3.$$

Otro objeto de la invención reside en un método de mecanización vibratoria, en el cual la punta de la herramienta comprende una piedra entera de diamante en cooperación con una suspensión dotada de partículas que son de igual dureza o más blandas que la punta de diamante, pero más duras que la pieza de labor, de tal modo que las relaciones son $H_1 > H_2 > H_3$. Viene a punto hacer notar aquí que, cuando los materiales de la punta, las partículas y la pieza de labor son de la misma dureza global, existe realmente en la práctica una diferencia efectiva $H_1 > H_2 > H_3$, porque la partícula está orientada según el plano duro solamente de manera aleatoria, en tanto que la punta y la pieza de labor son de una diferencia fija $H_1 > H_3$, a causa de la selección de un plano de superficie dura para la punta y de un plano de presentación relativamente blando de la labor.

Otro objeto de la presente invención reside en un método de mecanización vibratoria, en el cual la punta

345178



de la herramienta es de una sustancia o compuesto adiamantado.

Otro objeto de la invención reside en una punta de herramienta de mecanización vibratoria, de un material cristalino duro tal como monocristales de diamante, zafiro, 5 nitruro de boro cúbico o similares. Son también eficaces, además de los monocristales, las formas cristalinas de tipo gemelo, sinterizadas y policristalinas.

Otro objeto de la invención reside en una nueva 10 forma de herramienta cortante vibratoria en forma de soporte o portaherramienta, de forma que posee más de un elemento cortante saliente, muy duro, tal como una formación ordenada, según diseño, de diamantes en piedra perfilados. Conforme a este objeto, se prevé que bien una sola piedra 15 puede tener un diseño de distribución de áreas de corte, o bien que pueda haber una serie de piedras dispuestas según un diseño de distribución en la cara de la extremidad de trabajo de un órgano vibrante ultrasónico.

Otro objeto de la invención reside en un modo 20 invertido de conformación o mecanización vibratoria, según el cual en la herramienta vibratoria se monta un artículo pieza de labor o punta de herramienta a perfilar, tropezándose por choque o impacto con un material estacionario más duro, como conformador o matriz para la pieza de labor 25 vibratoria. De ese modo puede darse forma a una punta de herramienta que luego se usa para conformar o perfilar una sucesión de elementos en un proceso de producción.

Otro objeto de la invención reside en un nuevo 30 método de corte con ultrasonidos, que implica un movimiento relativo entre la herramienta vibratoria y la pieza de



labor, además del movimiento vibratorio, con lo cual se pueden efectuar sobre la pieza de labor operaciones de mecanizado, tales como las de fresar, torneear, perfilar, rosacar, etc.

5 Este rasgo característico de la presente invención, de efectuar una velocidad de abrasión excepcionalmente rápida de la pieza de labor, lo es en parte porque la punta de herramienta extradura proporciona una resistencia total al amortiguamiento de retroceso de la retracción
10 de partículas de suspensión desde una pieza de labor, y en cambio mete cada partícula de suspensión repetitivamente en la pieza de labor, con golpes o impulsos de trituración, y con fuerza no disminuida. Al contrario que en los métodos anteriores a este invento, no existe pérdida de energía
15 ni reducción de velocidad de las partículas por gasto o inversión de energía en la deformación permanente de las puntas de herramienta. En caso de una superficie de diamante que ceda ligeramente al chocar con la partícula, hay un inmediato restablecimiento de la superficie, y rebote
20 desde ésta, por parte de la partícula, con poca o ninguna pérdida de energía.

Otra característica del invento reside en disponer la punta de trabajo de una herramienta ultrasónica de modo que se aprovechen las diferencias en dureza direccional de la estructura cristalina de un material muy duro,
25 tal como el diamante, zafiro, etc. de modo que la dirección dura se alinee, sea con la dirección del movimiento ultrasónico, sea con el ángulo de inclinación de abrasión o de corte en el caso de una operación de mecanización tal como
30 el fresado.

345178



Otra característica de la invención reside en la excepcional velocidad de la abrasión ultrasónica, con el beneficio secundario de un mínimo de convergencia o salida de costados en la pieza de labor. En unión de la acción directa y totalmente efectiva de trituración ejercida sobre las partículas, y del completo "golpeteo de rebote" de tales partículas con retroceso a la superficie de la labor, existe también la cavitación del líquido de suspensión, con sus implosiones de sacudimiento que lanzan o hacen rebotar de nuevo las partículas de modo que algunas son quebrantadas verticalmente de nuevo contra la superficie de la pieza de labor. Con muy poca pérdida de energía por parte de las partículas móviles contra la superficie de la herramienta dura, es fácil darse cuenta de que la mayor parte de la energía de las partículas para la erosión por medio de trituración, impacto y cavitación, está dirigida en el sentido de quitar material rápida y verticalmente de la superficie de la pieza de labor, con muy poca salida o convergencia de costados, debido a tal velocidad vertical directa, que es lo que se desea en todo momento.

Los precedentes y otros objetos, rasgos característicos y ventajas de la invención se irán desprendiendo de la siguiente descripción pormenorizada de unas formas preferidas de realización de la misma ilustradas en los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 es una vista en alzado de muestra una herramienta con punta dura en cooperación con una suspensión de abrasivo y una pieza de labor,

- la figura 2 es una vista por un extremo de una punta de herramienta, que muestra una disposición ordenada



de cuatro superficies cuadradas para cortar o desgastar por abrasión según un diseño conjunto semejante,

- la figura 3 es una vista de alzado lateral, par-
cialmente en sección, que ilustra una herramienta cortan-
5 te ultrasónica perfilada, con punta dura, en la que la pun-
ta tiene un costado en pendiente dispuesto para desgastar
por abrasión sucesivamente al moverse la pieza de labor
hacia la derecha, como en una operación de fresar,

- la figura 4 es una vista en alzado que repre-
10 senta una herramienta ultrasónica de punta dura en coope-
ración con una pieza de labor tal como un tubo cilíndrico
o una varilla de cuarzo sostenido en una plantilla o dis-
positivo para hacer girar y desplazar la varilla de cuarzo
en sentido axial de modo que sobre él se haga por abrasión
15 un hilo de rosca helicoidal,

- la figura 5 es una vista en perspectiva de un
diamante, y representa la forma básica de octaedro de la
cual se suelen derivar otras formas, los planos o caras
de cristal están designados en el sistema de índices de
20 Miller, de modo que las ocho caras de hendidura o separa-
ción más duras son 1, 1, 1, y una de las varias otras ca-
ras, más blandas, se designan 1, 0, 0,

- la figura 6 es un corte de detalle en alzado
que ilustra la relación, de la técnica ya conocida, entre
25 herramienta, partícula de suspensión y pieza de labor, y
en la cual la herramienta blanda se halla o permanentemen-
te deformada, o bien receptiva para retener partículas in-
crustadas,

- la figura 7 es un corte de detalle en alzado
30 que muestra que en la presente invención interviene una



herramienta dura, que no se deforma permanentemente sino que conserva una cara activa dura y lisa y repele las partículas evitando que se adhieran o incrusten en ella,

5 - la figura 8 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra una operación de desgastar por abrasión ultrasónica con punta dura, en la cual las partículas de suspensión son devueltas de modo cíclico y metidas de nuevo entre la herramienta vibrante y la pieza de labor,

10 En general, esta invención implica el uso de una herramienta de corte vibratoria y una suspensión para desgastar por abrasión la pieza de labor. La invención reside esencialmente en la selección de la punta de herramienta de corte, y de la suspensión de abrasivo especiales en
15 ta, de las partículas en suspensión y de la pieza de labor. La punta, que es muy dura, puede caracterizarse como sustancia o compuesto adiamantado. Un material adiamantado ha sido ya definido por otras personas como sustancia que posee las cualidades de no poder ser rota o quebrantada, disuelta o penetrada, y una extrema dureza como la del dia-
20 mente.

Aún cuando la invención se refiere al desgaste por abrasión en general, con formación de agujeros o formas o diseños en una pieza de labor estática, está dentro
25 del ámbito de la invención efectuar una operación de fre-sado continua disponiendo un movimiento relativo entre la herramienta de corte y la pieza de labor. En ambos tipos

345178



de trabajo, es decir, con pieza de labor estática o movi-
 ble, puede usarse una suspensión acuosa ordinaria que lle-
 ve suspendidas partículas duras de, por ejemplo, carburo
 de boro, óxido de aluminio, etc. La pieza de labor es más
 5 blanda que las partículas de suspensión, y la punta de
 herramienta es más dura que las partículas de suspensión.
 La relación que sigue incluye un número de ejemplos de ma-
 teriales, y en algunos casos orientaciones de material,
 que satisfacen los requisitos especificados de que sean
 10 $H_1 > H_2 > H_3$ o $H_1 \geq H_2 > H_3$, en contraste con la relación
 $H_1 < H_2 > H_3$ de la técnica anterior a este invento.

<u>Punta de herramienta (H_1)</u>	<u>Partícula de suspensión (H_2)</u>	<u>Pieza de la- bor (H_3)</u>
Carburo de silicio	Oxido de alumi- nio	Cuarzo, vidrio pyrez
Diamante	Corindón	Titanio, tungs- teno o molibde- no
Cerámico sinterizado	Oxido de hierro	Cuarzo
Zafiro	Oxido de hierro	Vidrio
Diamante	Carburo de boro	Zafiro
Nitruro de boro cúbico	Corindón	Cuarzo
Diamante africano	Diamante	Diamante de borneo
Diamante a 1,1,1	Diamante	Diamante a 1,0,0,1,1,0 etc
Diamante	Carburo de si- licio	Piedra
Diamante	Carburo de bo- ro	Carburo de tungsteno
Carburo de silicio	Oxido de alumi- nio	Silicio o ger- manio

11.10.67

345178



Como la lista de materiales que antecede está dedicada principalmente a los más duros, y a las operaciones más difíciles, es meramente ilustrativa y no ha de tomarse como exclusiva, ya que hay muchas combinaciones de materiales más blandos que traen consigo las ventajas, nuevas en su clase, de la invención, y que caen asimismo dentro del intervalo o del alcance de las relaciones de dureza $H_1 > H_2 > H_3$.

Con referencia a la figura 1, puede verse que hay una herramienta vibrante ultrasónica 20 montada para vibrar verticalmente en la dirección que indican las flechas, a una frecuencia que suele ser de alrededor de 25.000 ciclos por segundo. Como preliminar a la abrasión, se pone la punta de la herramienta de modo que descansa sobre la superficie de trabajo, o de la pieza de labor, con presión adicional para llevar la herramienta hacia abajo hasta la profundidad de penetración deseada a medida que el transductor de la herramienta oscila con carreras de aproximadamente 0,01 mm, amplificadas a 0,05 mm. La herramienta puede ser de la forma usual cónica invertida, aunque sólo se presenta de ella el extremo inferior 20. Si bien la punta cortante necesaria para la presente invención puede caracterizarse en general como de material adiamantado, en una de las formas de realización, se trata en este ejemplo de una piedra entera de diamante 22 cogida en la herramienta 20 por medio de una composición de soldadura fuerte o blanda 21 en forma de capa adherente entre la cara inferior de la herramienta y la superficie superior de la piedra cortante 22. Debajo de la herramienta de corte hay un sustrato o pieza de labor 24, que puede ser de algún material duro



tal como el zafiro y en la superficie superior se practica, por abrasión, erosión o corte mediante impacto de la herramienta, una abertura o canal 25 que tiene costados rectos 19. En la operación sirve de ayuda con suministro
5 continuo, una suspensión ilustrada aquí en forma de fluido de transporte y refrigeración, tal como agua que lleva unas partículas duras 23 hasta y desde el área de abrasión. Como ejemplo, las pequeñas partículas duras y bastas 23 pueden ser de carburo de boro, trabajando en combinación
10 con la herramienta de diamante 22 y el substrato de zafiro 24. Los tres materiales 22, 23, 24 son de una dureza que va en disminución en el orden mencionado, y esto es, según se ha comprobado, muy eficaz para producir unas
15 inusitadas velocidades de corte y formar perfiles dentados o agujeros tales como el 25, y también conservar los costados de la abertura sin convergencia, como se ilustra mediante la pared lateral recta 19.

Es conveniente, a veces, efectuar una inversión de las relaciones entre la punta de la herramienta 22 y
20 la pieza de labor 24, como se muestra en la Figura 1, es decir, la pieza de labor, artículo o punta a perfilar o conformar, se monta en el extremo de la herramienta 20, y debajo de ella se presenta una matriz más dura y previamente conformada, como perfilador fijo 24. La pieza elemental
25 de punta 22 se monta entonces transitoriamente o fija en la extremidad de la herramienta 20. Entonces resulta también que esa punta 22 en bruto o elemental no es tan dura como las partículas 23 ni tan dura como el perfilador 24 relativamente adiamantado, y las relaciones de durezas de
30 la punta en bruto 22, la partícula 23 y el perfilador 24



se convierten en $H_1 < H_2 < H_3$, respectivamente, siendo el perfilador 24 de los materiales más duros, como el diamante, y los de la columna de la izquierda presentada en la relación que antecede. Así, invertidas las partes y perfilada una punta de herramienta 22, este modo puede formar parte de un procedimiento de producción en el cual el perfilador 24 se desmonta después de efectuada su función de matriz, y a continuación se presentan uno tras otro, por debajo de la herramienta vibratoria, una serie de elementos a perfilar por medio de la punta 22. En este procedimiento de producción, los elementos no serían usualmente tan duros como la punta perfilada 22, y las partículas de suspensión introducidas se dispondrían de una dureza intermedia-

15 Aun cuando en relación con la Figura 1 se ha mencionado una particular combinación de materiales duros, tal como la formada por el diamante 22, el carburo de boro 23 y el zafiro 24, es fácil darse cuenta, por referencia a la Figura 9 y a la gráfica de distintas combinaciones de materiales en ella indicada, que existe una amplia gama de combinaciones de materiales duros a utilizar a tales fines. De hecho, las combinaciones dadas en la Figura 9 son solamente ilustrativas pues es fácil ver que existen otros muchos materiales inorgánicos y orgánicos, aleaciones de metales, duros o blandos, cualquiera de los cuales puede usarse para uno cualquiera de los tres objetos, a saber, como herramienta ultrasónica, como partícula de suspensión o como substrato, según la dureza relativa del substrato.

30 Como la naturaleza del diamante y su dureza son



aquí de interés, viene bien ahora observar su estructura general, tal como se hace notar en la figura 5. Allí puede verse que la forma básica del diamante 44 es un octaedro. Las caras o planos del cristal están definidos por el sistema de índices de Miller (Miller Index System), en el que las ocho caras triangulares se identifican como 1,1,1. Estas ocho caras 45 del octaedro con también los planos de escisión o exfoliación natural, relativamente fáciles de usar para dividir una piedra por desdoblamiento, pero su superficie es el plano más duro de cualquiera de los planos del diamante. Un plano o superficie más fácil de mecanizar o pulir, en el caso de un diamante, es la cara cúbica 47, denominada también plano 1,0,0. Un juego de tale planos horizontales puede mecanizarse verticalmente en cualquier punto a lo largo del cuerpo del diamante. En posición ortogonal respecto a tales planos 1,0,0 hay otros juegos de planos relativamente blandos perpendiculares al primer juego, siendo dichos otros juegos de planos ortogonales entre sí, conocidos con la denominación de planos decaédricos. Estos se designan como 1,1,0 en el sistema de índices de Miller. Son también más blandos y fáciles de cortar, desgastar por abrasión, mecanizar o pulir, que los planos duros 1,1,1, sobre los que casi es imposible trabajar por métodos ordinarios, y sólo se tratan así desafilándolo o ladeándolo ligeramente respecto del verdadero plano 1,1,1. Por consiguiente, según se indica, una manera preferida de montar una piedra de diamante entera para ejecutar la operación de desgaste por abrasión de la figura 1 consiste en colocar la piedra de modo que su plano 1,1,1 sea el que actúa como superficie mecanizante ul-



trasónica.

Aun cuando los diamantes y el nitruro de boro cúbico tienen en general cuatro veces la dureza del material más duro que les sigue de inmediato, o sea del carburo de boro, existen diferencias de dureza entre distintas calidades o grados diferentes de diamantes, tales como las piedras preciosas o brillantes, las piedras de fragmentación ("bort") del Congo y del Africa occidental, las piedras de Borneo, los "carbonados" o diamantes negros, los "ballas", vítreos y planos. Por lo tanto, el descubrimiento aquí anotado no sólo permite el uso de un diamante para desgastar por abrasión ultrasónicamente otros materiales más blandos, sino que permite a los diamantes más duros desgastar por abrasión otros diamantes más blandos, y permite a los diamantes orientados con sus planos cristalinos o facetas de mayor dureza dispuestos en línea de impacto desgastar por abrasión el mismo género de diamante pero orientado de modo que sea su plano o ángulo más débil o más blando, de la estructura cristalina, el que recibe la acción abrasiva. En todas estas variantes, la nueva regla para la abrasión vibratoria es $H_1 > H_2 > H_3$, o $H_1 = H_2 > H_3$ o $H_1 \approx H_2 > H_3$. Como una partícula de suspensión está sólo en ocasiones en la posición 1,1,1, resulta en efecto más blanda que una punta de herramienta de igual dureza pero adecuadamente orientada. En el ramo se sabe ya que los diamantes africanos son más duros que los sudamericanos o que los de Borneo, lo que puede aprovecharse para un nuevo enfoque de su utilización. Ahora se dispone de otro método para tallar piedras preciosas más duras, para uso en lugares tales como guarniciones de joyería para relojes, en



agujas fonográficas o estiletes y en matrices de piedra preciosa para el trefilado de alambres y la hiladura de filamentos de plásticos, vidrio o materiales extruidos en general.

5 Volviendo a considerar la estructura del diamante, puede hacerse notar que la particular disposición atómica es del género también característico del germanio, el silicio y el estaño gris, así como del carbono. La estructura atómica del diamante es equivalente a un par de
10 estructuras cúbicas centradas en la cara, desplazadas en una distancia de $1/4$ de la diagonal del cuerpo. Aun cuando el diamante se ha hecho notar desde hace mucho tiempo por sus notables propiedades de dureza, su uso del modo que aquí se reivindica para los trabajos ultrasónicos ha
15 sido evitado hasta ahora, por la idea que en la técnica del ramo se tenía de que las herramientas ultrasónicas han de ser blandas y estar impregnadas con las partículas de abrasivo, pues de lo contrario se desgastarían tan rápidamente como la pieza de labor. En el caso de un diamante
20 utilizado como herramienta adecuadamente orientada, no se ha observado desgaste alguno apreciables.

 Con referencia ahora a la figura 2, puede verse que el extremo de acción o de trabajo 26 de una herramienta operativa ultrasónica puede estar provisto de un diseño de distribución regular de diamantes en piedra entera,
25 tal como la disposición ordenada en cuadrados de unas piedras talladas en cuadrado 27. Esto no es sino una simple ilustración del género de dibujos, perfiles o diseños que pueden practicarse de modo efectivo en una sola operación
30 con ultrasonidos, en contraste con la operación de agujero



surco o canal único de la figura 1. Naturalmente, de modo
distinto a como sucede con el diseño de abrasión simultá-
nea, que se hace posible con el dispositivo de la figura
2, es también posible disponer una sola piedra 27 y, por
5 medio de aoperaciones de avance y repetición habilitar
una disposición lineal u ortogonal de diseños de distribu-
ción de aberturas o de agujeros en un sunstrato.

Si bien las figuras 1 y 2 se refieren principal-
mente a un modo de trabajo de corte ultrasónico en el cual
10 hay un substrato 24 que se mantiene estacionario durante
la operación de corte, existe también otro modo de traba-
jo que es posible debido en gran parte a la elevada velo-
cidad de corte que se consigue mediante el uso, nuevo en
su género, del diamante en piedra entera. Tales modos de
15 trabajo se representan e ilustran en las figuras 3 y 4.
Pasando a la ilustración de la figura 3, es de notar que
se refiere a un modo de trabajo denominado ordinariamente
de "fresado" o grabado, en el que la pieza de labor se mue-
ve en relación con un cortador, haciendo que se quite o
20 desprenda material continuamente. En la figura 3 puede ver-
se que la herramienta ultrasónica 28 está provista de una
piedra de diamante entera 30, de forma de V, asegurada a
la herramienta mediante alguna composición de soldadura
fuerte o blanda 29 que la mantiene en posición y le propor-
25 ciona un soporte elástico. Debajo de la punta de herramien-
ta 30 va situado un substrato 32 que es movido de izquier-
da a derecha, según indica la flecha. Debido al funciona-
miento de corte y a la abrasión vibratoria de la herramien-
ta, puede verse que queda practicado un canal 33 a lo lar-
30 go de una parte del substrato 32, sujeto a ser prolongado



hacia la izquierda en el substrato a medida que el movimiento de la pieza de labor continúa hacia la derecha. Con ambas partes está en cooperación, durante la operación ultrasónica, la composición de suspensión refrigerante que incluye las partículas duras 31, tal función refrigerante es de especial utilidad en el caso de las velocidades de trabajo más altas. En tal operación, los tres factores principales, es es, la punta de herramienta 30, la partícula 31 y el substrato 32 pueden estar constituidos por un juego o grupo cualquiera de tres componentes los que se dan en la gráfica de la figura 9, o de materiales duros semejantes que tengan su dureza en la relación $H_1 > H_2 > H_3$.

La parte sorprendente de la operación ilustrada en la figura 3 no está sujeta a ilustración, y es la excepcional velocidad con la cual puede moverse el substrato respecto a la punta cortante, de piedra entera. Antes de ahora, para una operación de fresar un substrato duro, tal como el zafiro, por medio de las herramientas habituales, se invertirían del orden de las horas en practicar un canal de 25 mm o más de longitud, con un lentísimo movimiento transversal. Mediante el uso del método de la presente invención, que implica el uso de la punta de diamante en forma de piedra entera dura, especialmente si está sesgada como se indica en la figura 3 siendo las partículas de abrasivo progresivamente trituradas contra la pared lateral y la de avance del substrato movido, se hace posible para completar un canal un rápido movimiento, del orden de los minutos, en lugar del de las horas que hacia falta hasta ahora.



La figura 4 ilustra otro modo de trabajo, en el que la pieza de labor se mueve respecto a la herramienta ultrasónica. En este caso, es un hilo de rosca 39 el que se corta o practica sucesivamente en la periferia de un tubo o una varilla cilíndrica 40 de cuarzo. Tal operación sería de ordinario prohibitiva en cuanto a coste y tiempo invertido, por la lentitud con que habría de hacerse o cortarse dicha rosca. En cambio, mediante el uso de una piedra entera de diamante 37 de forma cónica o piramidal más o menos truncada, al extremo de una herramienta ultrasónica 35 y sujeta mediante un compuesto 36, se hace posible quitar rápidamente el material duro, en una operación suave, rápida y continua. Como se ilustra en la figura 4, la varilla de cuarzo 40 va sujeta a un órgano roscado 43 de control y de accionamiento, yendo ambos montados y guiados en un cabezal de dispositivo 41 montado en un bastidor de dispositivo 42. A la punta de corte 37 se le aplica constantemente una suspensión que contiene las partículas 38 para facilitar operación de desgaste con abrasivo, la cual continua de manera rápida. La combinación de materiales usada para la operación de la figura 4 puede comprender el diamante 37, las partículas de carburo de boro 38 y la varilla de cuarzo 40. Sin embargo, cualquier combinación de materiales siguiendo las líneas de los de la figura 9 puede constituir la combinación de herramienta y sustrato para operaciones de cortar que impliquen formas tales como surcos, melladuras o muescas, pistas de rodadura de bolas, puntas y aristas redondeadas, dientes de engranaje, roscas, engranajes helicoidales, o similares, en materiales duros de mecanizar.



Según se ha visto, a los fines de la mecanización resultó efectiva una punta de herramienta con costados en pendiente, en cooperación con la pieza de labor en movimiento. La forma de lacetas octaédricas normales del diamante resultó ser muy eficaz en relación con la mecanización de surcos o gargantas en V y de hilos de rosca en objetos cilindricos. En el caso en que una punta de herramienta de diamante coopera con partículas de suspensión de carburo de boro para efectuar el corte de formas en el tallado de zafiros, el ángulo de pendiente de la superficie de abrasivo en el diamante resultó ser eficaz a los 45°. Como otro ejemplo, resultó satisfactorio la punta de herramienta de carburo de silicio a 45° también en cooperación con partículas de óxido de aluminio, para cortar vidrio pyrex.

Así, pues, la invención permite el tallado o perfilado económico de materiales duros, tales como las aleaciones extraduras y metales, piedras preciosas, piedras industriales, piedras para matrices, y pivotes o piedras preciosas de apoyo para relojería, debido a la velocidad de mecanización y a la falta de desgaste de la herramienta.

Otro ejemplo de la utilidad de este método de desgaste o corte por abrasión está en la formación de minúsculos surcos, depresiones o agujeros en substratos duros, tales como el zafiro. Estos diseños son de gran utilidad para la retención, el aislamiento o separación y la conexión de dispositivos electrónicos y magnéticos, tales como diodos, semiconductores, películas de memoria magnética, así como resistencias, condensadores o similares, en operaciones tales como la manufactura de circuitos integrados



completos en áreas microscópicas de un substrato pequeño, delgado y estable.

También se tiene la posibilidad aquí de formar o tallar económicamente superficies curvas y concéntricas en un diamante, y la oportunidad de hacer y usar un diamante tallado como lente para un dispositivo óptico. Su elevado índice de refracción proporciona la ventaja de que una lente de diamante de una gran potencia dada puede ser de menor curvatura que una lente de vidrio y, por tanto, estar menos sujeta a distorsión o aberración. El tallado puede ejecutarse por medio de una punta de herramienta ultrasónica de material adiamantado dotada de una curva negativa, o bien puede usarse una operación del estilo de las de mecanización, como se ilustra en la figura 4, con una pieza elemental de lente de diamante que se haga girar lentamente respecto de una herramienta vibratoria, con una superficie lateral de tipo sesgado o arqueado. De ese modo pueden mecanizarse con ultrasonidos lentes especiales del tipo de Fresnel, así como formas o tallas ópticas ordinarias.

En el rayado de los retículos de difracción tiene utilidad el empleo de un diamante curvo y con puntas. Merced a los métodos de conformación o perfilado del presente invento, puede hacerse económicamente una punta de herramienta de rayar, en forma de "cance", o de borde recto a modo de cuña.

Las figuras 6 y 7 se dan para ilustrar las diferentes operaciones ultrasónicas de corte de la técnica ya conocida, en contraste con el nuevo método de abrasión proporcionado por la punta de diamante en piedra entera.



En la figura 6 se ve que la punta ultrasónica 50 relativamente blanda (extremo bajado con línea llena) no sólo está deformado por la trituración de las partículas 51 al ser trituradas un número de partículas de suspensión 51
5 entre la superficie de trabajo y la parte inferior de la abertura formada 54, sino que en la posición de retraída de la misma herramienta 50R (representada con línea de trazo interrumpido) se ve que las deformaciones se conservan en la punta de herramienta e incluso en algunos casos,
10 como en 52, se incrustan partículas en la punta de herramienta. Así, en la técnica ya conocida (figura 6) se tiene un modo de trabajo en el que la punta de herramienta ultrasónica es blanda, de poca reflexión y mal coeficiente de restitución. La punta de herramienta se deforma en
15 funcionamiento y así se queda. También recibe partículas que muchas veces se quedan incrustadas. La energía comunicada a tales partículas por el impacto de la herramienta y por abrasión no se conserva ni se refuerza y usa para lanzar las partículas contra el material a cortar,
20 sino que se disipa contra la punta blanda de la herramienta.

En contraste con este modo de trabajo, puede hacerse referencia a la figura 7, en la cual la punta de herramienta 55 se entiende que es adiamantada, excepcionalmente dura y de un material de gran coeficiente de restitución, tal como un diamante en piedra entera. Como puede verse, aunque las partículas 56, una vez trituradas contra el substrato 59 en el cual 60 deforman en verdad ligeramente la punta de la herramienta, como se muestra
30 por medio de la partícula 58 a ella aplicada, no es ésta



una deformación permanente. Por el contrario, la línea de trazo interrumpido 55R que representa la herramienta en la posición de retraída pone de manifiesto que la superficie efectiva 57 de la misma se restablece plenamente a su plano de nivel liso, debido a la gran dureza y elevado coeficiente de restitución del material, y a su rechazo de las partículas de suspensión 56. El resultado de tan violento rechazo de las partículas en todas las posiciones de movimiento de la herramienta hacia arriba o hacia abajo, da origen a la conservación de la energía de las partículas, debida a la velocidad que las transmite a un número de factores cualesquiera, tales como los de impacto, salto y cavitación, con el resultado de que las partículas transmiten la mayor parte de su energía hacia la operación de desgaste por abrasión, esto es, en la componente que va en el sentido de quitar el material del substrato 59. Resulta de ello la excepcional velocidad de corte, resultado sorprendente hallado mediante el descubrimiento de esta invención que interviene en el uso de diamantes o materiales similares extraduros en piedra entera, para uso como punta efectiva de una herramienta de mecanización ultrasónica.

En relación con los modos de trabajo de las figuras 6 y 7, y el contraste en los modos de perder o conservar energía por el movimiento de las partículas de suspensión entre la herramienta ultrasónica y la pieza de labor, es de interés comparar el coeficiente de restitución de los diferentes materiales, tales como el acero relativamente blando y otros similares, utilizados en la técnica ya conocida, en contraste con el diamante en piedra entera



usado en la presente invención. Al relacionar, por ejemplo diversos coeficientes de restitución, se halla lossiguiente:

Para el plomo,	0,15
acero,	0,55
vidrio,	0,95
diamante,	1,00

De lo que antecede se desprende claramente que
5 la pérdida de incremento de velocidad puede ser hasta de 50%, con la punta de herramienta amortiguadora de la técnica ya conocida, en contraste con los diferentes materiales duros y adiamantados utilizados aquí para operaciones ultrasónicas. Como en la fórmula de la energía cinética
10 interviene el cuadrado de la velocidad, en la conocida expresión $\frac{1}{2}mV^2$, es fácil ver que este factor de refuerzo de la velocidad, considerado desde el punto de vista de la restitución de velocidad, de un incremento de ventaja en forma de factor que representa cuatro veces la energía
15 usual productiva de mecanización.

Aun cuando se ha hecho hincapié en la mayor dureza de la punta de herramienta para la mayoría de las aplicaciones, como se comprenderá, existen ocasiones en que la punta de la herramienta y la partícula de suspensión son
20 prácticamente de igual dureza, y las relaciones de dureza son $H_1 \geq H_2 > H_3$.

En la figura 8 se da una ilustración de un aparato de desgaste por abrasión con ultrasonidos, que implica los métodos sea de devolver o hacer circular de nuevo re-



petidamente las partículas de suspensión trituradas para
efectuar el equivalente de una operación de alisar o la-
pear y obtener finura de acabado, sea (en contraste con
ello) de eliminar la devolución de la suspensión y proyec-
5 tar en cambio partículas de suspensión siempre renovadas,
para una operación de mecanizado rápida y continua, de mo-
do que se suministren continuamente partículas de suspen-
sión relativamente bastas. Cuando el resultado final que
se desee sea cortar rápidamente, y no la finura de acaba-
10 do, el continuo suministro de nuevas partículas relativa-
mente bastas da al modo de operación deseado. En la figura
8, el aparato ultrasónico incluye un tambor 65 que contie-
ne una cámara periférica de evacuación de la suspensión y,
también, una plataforma 67 de pieza de labor sobre la cual
15 descansa el substrato 64, que recibe la operación de abra-
sión por impacto de una herramienta ultrasónica 61 portado
ra de una punta de diamante 62. Las partículas de suspen-
sión 63 van transportadas con algún vehículo líquido, tal
como agua, por el tubo de entrada 66. Tras la operación de
20 cortar, la suspensión fluye al fondo de la cámara, donde
hay una lumbrera anular conectada a un tubo de descarga
68 que conduce a una válvula 71 y que ordinariamente da
paso a una bomba de suspensión 69 para devolver la suspen-
sión al tubo de entrada 66. En tal operación de recircula-
25 ción o devolución, las partículas de suspensión 63 se van
triturando y haciendo más finas. Por consiguiente, el aca-
bado del diseño de corte en el substrato 64 puede calibrar-
se con arreglo a la velocidad de devolución, al número de
devoluciones y a cualquier otro parámetro que tenga que ver
30 con la finura de acabado. Para tal control, a la bomba de



suspensión 69 va fijada una capa de control 70 dotada de un mando de control de velocidad 74, y un contador ajustado para un número de limitaciones de ciclo, mandado por el puño 75.

5 Otro modo de trabajo en el que interviene el aparato de la figura 8 implica la evitación de toda devolución y, en cambio, el suministro de una corriente renovada y continua de partículas de suspensión de nueva aportación relativamente bastas y sin triturar. Para controlar este modo de trabajo, se hacen funcionar las válvulas 71 y 72 10 de modo que en el lado de entrada de la tubería de suspensión existe un continuo suministro de suspensión y de partículas a través del tubo de entrada 73, que está en línea con el tubo de entrada 66 del aparato al pasar por la bomba 69 sin devolución, de modo que a la superficie 64 del 15 substrato se le lleva un suministro continuo de suspensión y de nuevas partículas. Al salir estas partículas 63 por el tubo de salida 68, son desviadas por la válvula 71 a una abertura de descarga 76, en lugar de ser devueltas a 20 la bomba 69. Como consecuencia, hay una forma más veloz de trabajar que, si bien puede dar lugar a la producción de formas relativamente toscas o bastas, resulta adecuada para muchas aplicaciones con preferencia al modo de control que da lugar a un acabado más fino.

25 Las varias ventajas constitutivas de novedad de la presente invención y su modo de trabajo ultrasónico descubierta, tales como la mayor velocidad de trabajo y finura de acabado, abren muchos nuevos campos de utilidad para el tratamiento de materiales extraduros. Muchas de las operaciones de tallar o conformar que hasta ahora se conside-



raron económicamente inaconsejables o tecnológicamente im-
posibles se hallan ahora a disposición de la industria pa-
ra la conformación o el tallado de metales, materiales ce-
rámicos, joyas, o cualesquiera de los modernos materiales
5 de la tecnología, que usualmente son muy duros. En tales
categorías se han incluido y considerado, conforme al pre-
sente invento, los substratos de circuitos, las lentes,
piedras preciosas para apoyos o pivotes de relojería, agu-
jas fonográficas, tamices de agujeros finos, matrices de
10 trefilar, utensilios para tallar piedra, etc. Por medio
del método descubierto pueden perforarse o tallarse los
diamantes u otras piedras preciosas. Otra utilidad es la
que se encuentra por poderse seccionar obleas semiconduc-
toras, cortar matrices de estampación de carburo, y con-
15 formar ferritas y cerámicas de óxido para usos electróni-
cos. Resulta asimismo útil para mecanizar en muchas for-
mas, entre las que se incluyen partes roscadas, materiales
como el vidrio, cuarzo, metales duros, piedras preciosas,
aceros, estratificados de plásticos de alta presión, y al-
20 gunos de los metales refractarios.

Aun cuando hay otros métodos de cortar, tales co-
mo los de mecanización por láser y por haces electrónicos,
que se distinguen por ser operaciones de corte de preci-
sión, el que aquí se ofrece no exige que la pieza sea eléc-
25 tricamente conductiva ni esté sometida a calentamiento.
El presente método implica la introducción de partículas
de bordes afilados, y no la de electrones ni la de haces
términos en la pieza de labor para lograr la eliminación
del material. La energía de mecanización puede suministrar
30 se aquí por medio de un transductor magnetostrictivo o pie



zoeléctrico que hace oscilar la herramienta y la punta de diamante a ella acoplada, a frecuencias muy por encima de la gama audible. Esta vibración tiene lugar a lo largo del eje geométrico de la herramienta y, al ser amplificada

5 mecánicamente, puede dar lugar a un desplazamiento hasta de varias centésimas de milímetro en la punta de la herramienta. Las partículas de abrasivo (por ejemplo, de carburo de boro) introducidas entre la punta de la herramienta y la pieza de labor en la suspensión reciben esta energía de vibración y la transmiten a su vez a la pieza de

10 labor, en una acción de desgaste por abrasión o bordonado. La continua acción de tantas y tantas partículas erosivas durante muchos ciclos de impacto produce una cavidad de la misma forma y tamaño que la punta de herramienta y en

15 estrecha correspondencia con ella. Con el presente método, pueden producirse perforaciones cuyo tamaño entre dos centésimas de milímetro y varios centímetros de diámetro. Con arreglo a la naturaleza del fluido de suspensión utilizado, puede añadirse una acción química a los otros factores

20 de acción que intervienen en la operación de corte con ultrasonidos, tales como la velocidad de impacto de las partículas, la repetitiva trituración de las mismas contra la superficie de la pieza de labor, así como la cavitación originada por la agitación del fluido de la suspensión.

25 Aunque aquí se ha hecho hincapié en los materiales relativamente duros, por las dificultades con que se suele tropezar en relación con los mismos, existe también la posibilidad de nuevo uso en materiales relativamente blandos tales como el acero suave, el latón, el cobre, etc.

30 La suspensión fluida juega varios importantes pa-



peles en la presente operación ultrasónica. Además de llevar las partículas de abrasivo a la pieza de labor por acción capilar, sirve también para refrigerar tanto la herramienta como la pieza de labor, y proporciona un acoplamiento acústico eficaz entre ambas, de modo que la energía puede transmitirse eficazmente. Además, la cavitación que tiene lugar en la superficie de la labor al operar la herramienta en los ciclos de subida y bajada contribuye a devolver la suspensión. Se estima que la cavitación tiene aquí más que antes un papel que desempeñar, mayor que el de mero agente de devolución de la suspensión, porque en el caso de la presente invención se sabe que las burbujas formadas por tal cavitación hacen implosión con tremenda fuerza, y cualesquiera de estas partículas que se encuentren en tales burbujas y cerca de ellas resultan impulsadas y metidas con fuerza extraordinaria entre la punta de herramienta dura, de diamante, y la pieza de labor, con nuevo impacto productor de erosión.

Si bien la invención se ha ilustrado y descrito en particular con referencia a unas formas preferidas de ejecución de la misma, se sobrentiende para las personas versadas en la materia que pueden hacerse en ella diversos cambios de forma y de detalle sin por ello salirse del ámbito ni apartarse del espíritu de la invención.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América el 26 de Septiembre de 1.966 abjo el número 581.941, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

- 5 1.- Un método de desgastar por abrasión una pieza de labor utilizando una herramienta vibratoria, método que comprende las etapas de: dotar a dicha herramienta de una punta de trabajo, de material más duro que el de
10 la pieza de labor sobre la que se va a operar, montar dicha pieza de labor en posición operativa o de trabajo respecto a dicha punta, e introducir entre dicha pieza de labor y dicha punta unas partículas de abrasivo más duras que la pieza de labor, pero no tan duras como dicha punta.
- 15 2.- El método de la reivindicación 1, en el que dichas partículas de abrasivo se introducen en suspensión.
- 3.- El método de la reivindicación 1, en el que se suministran continuamente partículas de abrasivo sin
20 usar.
- 4.- El método de la reivindicación 1, en el que dicha herramienta vibratoria se hace funcionar por ultrasonidos.
- 5.- El método de la reivindicación 1, en el que dicha punta de trabajo es de material adiamantado.
- 25 6.- El método de la reivindicación 1, en el que



1967

dicha punta de trabajo es de nitruro de boro cúbico.

7.- El método de la reivindicación 1, en el que dicha punta de herramienta está hecha de una piedra preciosa entera.

5 8.- El método de la reivindicación 7, en el que dicha punta de herramienta está hecha de una piedra preciosa entera, orientada de modo que presente como superficie de trabajo su plano cristalino más duro.

10 9.- El método de la reivindicación 7, en el que dicha piedra preciosa entera es un diamante.

10.- El método de la reivindicación 7, en el que dicha piedra preciosa entera es un zafiro.

15 11.- El método de la reivindicación 1, en el que dicha punta de trabajo es de un material adiamantado sintetizado.

12.- El método de la reivindicación 1, en el que dicha punta de trabajo está formada con arreglo a un diseño de distribución de superficies de trabajo.

20 13.- El método de la reivindicación 7, en el que dicha punta está formada con arreglo a un diseño de distribución de superficies de trabajo.

25 14.- El método de la reivindicación 1, en el que dicha punta de trabajo está formada con arreglo a un diseño de distribución de superficies de trabajo, y cada una de dichas superficies de trabajo está constituida por una piedra preciosa entera por separado.

30 15.- Un método de dar forma a una pieza de labor constituida por una piedra preciosa, utilizando una herramienta vibratoria, método que comprende las etapas de: dotar a dicha herramienta de una punta de trabajo hecha de



una piedra preciosa entera del mismo material que la pieza de labor sobre la que se va a operar, con la punta orientada de modo que presente como superficie de trabajo un plano cristalino duro de la punta, montar dicha pieza de labor en posición de trabajo respecto a dicha junta, con dicha pieza de labor orientada de modo que presente un plano menos duro como superficie a trabajar, e introducir una suspensión que contenga partículas de abrasivo del mismo material que la punta de trabajo y la pieza de labor.

16.- Un método de desgastar por abrasión una pieza de labor cristalina dura, utilizando una herramienta vibratoria, en el que la pieza de labor es del mismo material cristalino duro que la punta de la herramienta, método que comprende las etapas de: orientar dicha punta de herramienta de modo que presente como plano de trabajo un plano relativamente duro, orientar dicha pieza de labor en posición de trabajo respecto a dicha punta de herramienta, con un plano menos duro como plano sobre el que se va a operar, e introducir entre dicha pieza de labor y dicha punta de herramienta una suspensión que contenga partículas de abrasivo más duras que dicha pieza de labor.

17.- Un método de desgastar por abrasión y pulir una pieza de labor utilizando una herramienta vibratoria, método que comprende las etapas de: dotar a dicha herramienta de una punta de trabajo de material más duro que la pieza de labor sobre la que se va a operar: montar dicha pieza de labor en posición de trabajo respecto a dicha punta, introducir entre dicha pieza de labor y dicha punta una suspensión que contenga partículas de abrasivo



más duras que la pieza de labor, pero no tan duras como dicha punta, y hacer circular repetidamente la suspensión en la cual las partículas de abrasivo se van haciendo progresivamente más finas debido a la acción trituradora entre dicha punta y la pieza de labor.

18.- El método de la reivindicación 17, en el que dichas partículas de abrasivo son de una dureza igual a la de la punta, pero esta última está orientada para una superficie de punta de trabajo adiamantada.

19.- El método de la reivindicación 17, en el que dicha punta de herramienta y dicha pieza de labor son piedras preciosas.

20.- Un método de corte vibratorio de un material de pieza de labor de un grado de dureza H_3 , utilizando una herramienta de corte de un grado de dureza H_1 , mayor que H_3 , método que comprende las etapas de: introducir una suspensión cargada de partículas abrasivas de un grado de dureza H_2 , menor que H_1 , pero mayor que H_3 , y hacer vibrar dicha herramienta de corte en dicha suspensión contra dicha pieza de labor, con lo cual, debido a las relaciones de dureza $H_1 > H_2 > H_3$, las partículas de la suspensión desgastan dicha pieza de labor y no se incrustan en dicha herramienta de corte.

21.- El método de la reivindicación 20, en el que dicha herramienta de corte es un mono cristal adiamantado.

22.- El método de la reivindicación 20, en el que se disponen las etapas adicionales de: orientar dicha herramienta de corte de modo que quede situada su superficie de plano más dura como plano de corte; y orientar dicha pieza de labor de manera que su parte a cortar quede



situada como plano de menos dureza que su plano más duro, con lo cual las relaciones de dureza pueden ser $H_1 \geq H_2 \geq H_3$ teniendo las partículas de la suspensión una orientación aleatoria al desgastar la pieza de labor.

5 23.- El método de la reivindicación 20, en el que dicha herramienta de corte es de los materiales duros entre los que se incluyen el diamante, el nitruro de boro cúbico, el carburo de silicio, el zafiro, y el material cerámico sinterizado.

10 24.- El método de la reivindicación 20, en el que dicha herramienta de corte es de material adiamantado, y las partículas de la suspensión son de los materiales duros entre los que se incluyen el diamante, el nitruro de boro cúbico, el óxido de aluminio, el carburo de boro, el
15 carburo de silicio, el coridón y el óxido de hierro.

25 25.- El metodo de la reivindicación 20, en el que dicha herramienta de corte es de material adiamantado, y la pieza de labor es de cuarzo, de vidrio pirex, de vidrio de titanio, de tungsteno, de molibdeno, de zafiro, de pie-
20 dra, de diamante, de carburo de tungsteno, de silicio o de germanio, y las partículas de suspensión tienen igual o mayor dureza que dicha pieza de labor.

26.- Un método de dar forma a una pieza de labor con una herramienta vibratoria, método que comprende las
25 etapas de: montar dicha pieza de labor a conformar en la parte vibratoria de la herramienta, teniendo dicha pieza de labor una dureza H_3 , montar un elemento conformador, de la configuración deseada y de una dureza H_1 , en posición de trabajo respecto a dicha pieza de labor, e introducir
30 entre dicha elemento conformador y dicha pieza de labor



20

unas partículas de abrasivo de dureza H_2 , siendo $H_1 > H_2 > H_3$.

27.- El método de la reivindicación 26, en el que dichas partículas de abrasivo se introducen en suspensión.

5 28.- El método de la reivindicación 26, en el que se suministran continuamente partículas de abrasivo sin usar.

10 29.- El método de la reivindicación 26, en el que dicha herramienta vibratoria se hace funcionar por ultrasonidos.

30.- El método de la reivindicación 26, en el que dicho elemento conformador es de material adiamantado.

31.- El método de la reivindicación 26, en el que dicho elemento conformador es de nitruro de boro cúbico.

15 32.- El método de la reivindicación 26, en el que dicho elemento conformador está hecho de una piedra preciosa entera.

20 33.- El método de la reivindicación 32, en el que dicho elemento conformador está hecho de una piedra preciosa entera, orientada de modo que presente como superficie de conformar la pieza de labor su plano cristalino más duro.

34.- El método de la reivindicación 32, en el que dicha piedra preciosa entera es un diamante.

25 35.- El método de la reivindicación 26, en el que dicho elemento conformador es de un material adiamantado sinterizado.

30 36.- El método de la reivindicación 26, en el que dicha pieza de labor se queda en dicha herramienta, como punta conformada de la herramienta vibratoria, método que

10.10.67



incluye las etapas adicionales de: desmontar el elemento conformador, poner en la posición que ocupaba el elemento conformador uno o más elementos a conformar por medio de la punta de herramienta conformada, y cambiar las partículas de abrasivo, de modo que sean de una dureza H_4 ,
5 siendo $H_3 > H_4$.

37.- Un método de desgastar por abrasión una pieza de labor utilizando una herramienta vibratoria.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y nueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

20 OCT. 1967

Alberto de Escalera
Per. 10/67

345178



FIG. 1

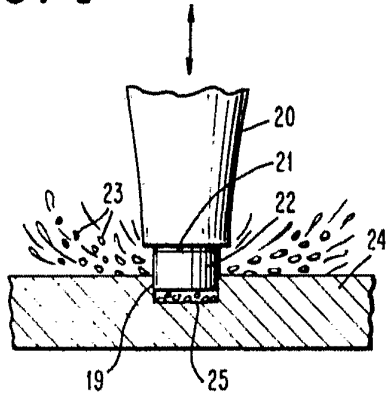


FIG. 2

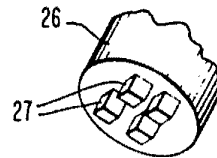


FIG. 3

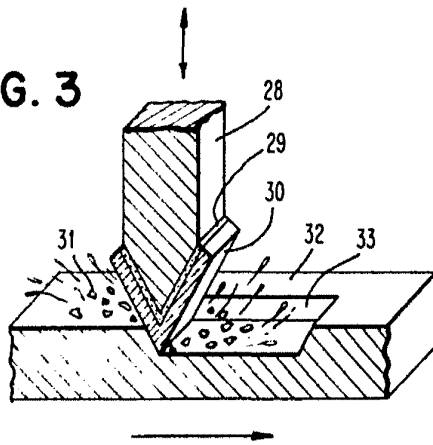
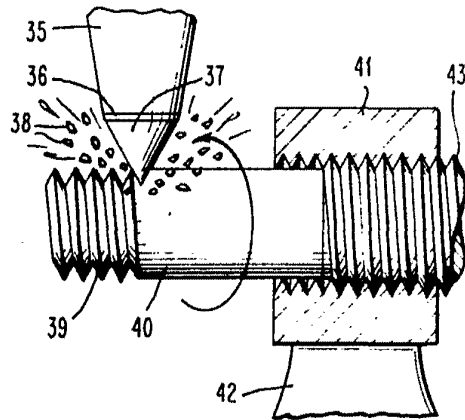
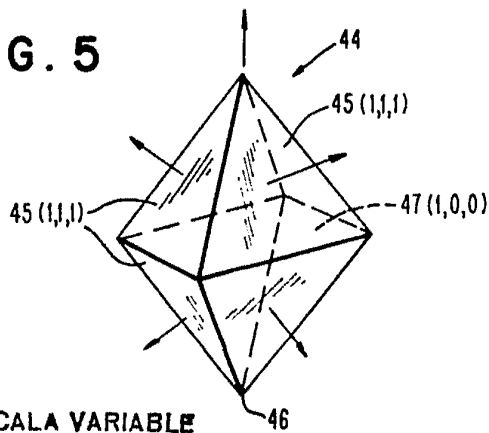


FIG. 4



345178

FIG. 5



ESCALA VARIABLE

Alber...
Alberto...



FIG. 6

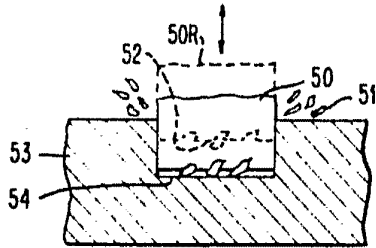


FIG. 7

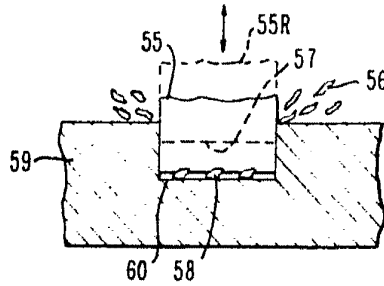
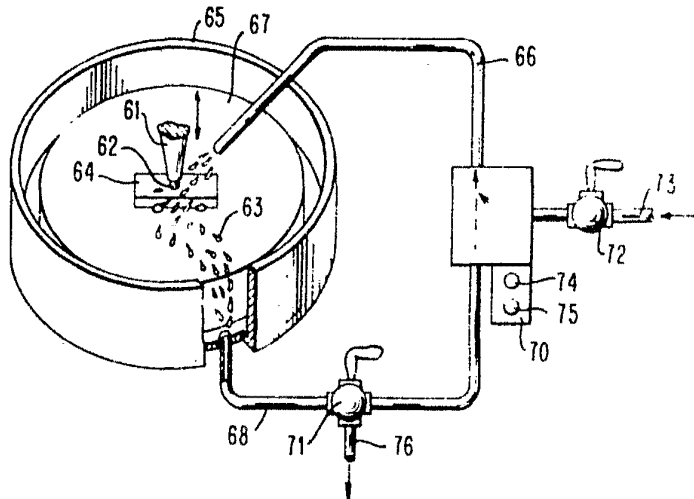


FIG. 8



345178

ESCALA VARIABLE