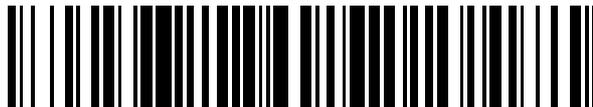


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 249**

51 Int. Cl.:

B23B 51/00 (2006.01)

B23B 51/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08777156 .4**

96 Fecha de presentación: **12.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2172293**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54

Título: **Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos y método de tratamiento de agujeros profundos y finos**

30

Prioridad:

22.06.2007 JP 2007165321

18.07.2007 JP 2007186428

15.11.2007 JP 2007296277

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

07.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

07.12.2012

73

Titular/es:

**HITACHI TOOL ENGINEERING, LTD. (100.0%)
3F, SEAVANS NORTH 2-1, SHIBAURA 1-CHOME
MINATO-KU
TOKYO 105-0023, JP**

72

Inventor/es:

**KONDOH, YOSHIHIRO y
AKAMATSU, TAKESHI**

74

Agente/Representante:

BLANCO JIMÉNEZ, Araceli

ES 2 392 249 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

Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos y método de tratamiento de agujeros profundos y finos

[Campo técnico]

5 [0001] La presente invención se refiere a una broca para agujeros profundos de diámetro pequeño con una forma nueva según el preámbulo de la reivindicación 1 que tiene un diámetro de perforación de 1 mm o menos y que sirve para el tratamiento de un molde o piezas similares. La invención también se refiere a un método de taladrado de microagujeros profundos según el preámbulo de la reivindicación 6, que utiliza la broca de diámetro pequeño para taladrar agujeros profundos con una precisión aceptable, especialmente cuando el diámetro de un agujero taladrado (en lo sucesivo denominado "D") es de 1 mm o menos y la relación del diámetro del agujero taladrado con respecto a la profundidad del agujero taladrado (en lo sucesivo denominada "L") representada por L/D es de 15 o más, o cuando se forma un agujero pasante profundo tiene una relación L/D de 10 o más, particularmente cuando se forma un agujero extremadamente profundo tiene una relación L/D de 50 o más. Por lo tanto, la presente invención se refiere a una broca de diámetro pequeño para taladrar agujeros profundos y a un método de taladrado de microagujeros profundos, adecuados para formar microagujeros profundos ciegos y pasantes.

15 [Estado de la técnica]

20 [0002] Si la longitud que sobresale de una herramienta es larga con respecto al diámetro de la broca, la rigidez de la herramienta disminuye. Por lo tanto, se produce una desviación de la herramienta durante un proceso de taladrado, lo que genera un deterioro de la rectitud del agujero taladrado o una rotura de la broca. Cuando se usa una broca para taladrar agujeros profundos, por lo general la longitud de la ranura de la broca se hace más corta que la profundidad del agujero taladrado, de tal modo que se perfora un agujero por medio del "avance por pasos". Aquí, el llamado "avance por pasos" en un proceso de taladrado es un método de taladrado de un agujero moviendo repetidamente el taladro hacia adelante y hacia atrás con respecto al agujero en un movimiento paso a paso.

25 [0003] En el documento de patente 1 (Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada nº 2003-266223) se ha descrito, como broca de diámetro pequeño para el taladrado de agujeros profundos adecuada para su uso con un avance por pasos, una broca en la que se acorta la ranura para aumentar la resistencia mecánica, de modo que se puede utilizar para taladrar agujeros profundos que tengan una profundidad de 10 o más veces el diámetro de la broca en un material extremadamente duro con una dureza HRC de 45 o más.

30 [0004] En el documento de patente 2 (Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada nº H8-71824), se describe una broca que comprende: una porción de cono invertido con su diámetro reduciéndose desde el punto frontal de la broca, una porción de diámetro pequeño teniendo un diámetro menor que el diámetro de la broca, y una porción de diámetro constante teniendo el mismo diámetro que el diámetro de la broca.

35 [0005] En el documento de patente 3 (Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada nº H4-348803), se describe un método de taladrado de agujeros en el que, después de haber formado un agujero guía y cuando una broca de trabajo entra en contacto con el agujero provisional, se detecta un componente de fuerza en el plano que actúa sobre la broca y la posición de la punta de la broca se mueve en una dirección en la que el componente de fuerza disminuye.

[0006] En el documento de patente 4 (Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada nº H6-134648), se describe un método de corte y taladrado que utiliza una fresa de extremo esférico para taladrar un agujero proporcionando una profundidad de corte y un movimiento de avance relativo en las direcciones del eje X y el eje Y con respecto a la fresa de extremo esférico y la pieza de trabajo de modo que el corte se realiza en espiral y cortando hacia abajo.

40 [0007] En el documento de patente 5 (Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada nº 2003-260611) se describe un método de taladrado para taladrar un agujero inclinado en un material en plancha, en el que cuando debe perforarse un agujero inclinado en un material en plancha, se taladra primero un agujero semiesférico para posicionar el agujero y luego se fija una plantilla de taladrado oblicuamente para taladrar el agujero al material en plancha de modo que se pueda taladrar un agujero inclinado en el material en plancha.

45 Documento de patente 1: Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada 2003-266223

Documento de patente 2: Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada H08-71824

Documento de patente 3: Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada H04-348803

Documento de patente 4: Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada H06-134648

Documento de patente 5: Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa no examinada 2003-260611

5 [0008] JP 2004 066358 A se considera el estado de la técnica más próximo y describe un taladro y un método según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 6, respectivamente.

[Descripción de la invención]

[Problemas para resolver por la invención]

10 [0009] Cuando se usa una broca de diámetro pequeño en un taladrado de agujeros profundos, si tiene una relación L/D grande y el agujero taladrado es profundo, hay un largo periodo de tiempo durante el cual las virutas de corte se mueven en el interior del agujero taladrado hasta que se eliminan. Durante ese tiempo, debido a la influencia causada por el giro de la ranura, existe el problema de que las virutas de corte puedan desplazarse al final de la ranura y penetrar entre la superficie periférica externa de la sección trasera o del cuello de la broca y la superficie circunferencial interna del agujero taladrado, provocando con ello que la broca vibre durante el taladrado y se obtenga una rectitud deficiente del agujero, o incluso haciendo que la broca de diámetro pequeño se rompa. En particular, si la ranura es larga, la rigidez de la broca será baja, por lo que la rectitud o similar podría llegar a ser notablemente deficiente y la broca podría romperse si se taladra un agujero profundo de diámetro pequeño. Además, incluso cuando la ranura se hace más corta con el fin de aumentar la resistencia mecánica, si el diámetro de la broca es de 1 mm o menos, las virutas de corte aún pueden moverse hacia la parte posterior de la sección de la broca y penetrar en el agujero taladrado, haciendo por lo tanto imposible taladrar un agujero profundo.

20 [0010] En vista de lo anterior, un objeto de la presente invención es proporcionar un nuevo tipo de broca de diámetro pequeño que tenga un diámetro de 1 mm o menos para el taladrado de agujeros profundos y proporcionar un método de taladrado de microagujeros profundos, de manera que se taladren agujeros profundos que tengan una relación L/D de 15 o más, especialmente una relación L/D de 30 a 50.

[Medios para resolver los problemas]

25 [0011] Es decir, la broca de la presente invención se describe en la reivindicación 1, y es una broca de diámetro pequeño para agujeros profundos que tiene un diámetro de broca de 1 mm o menos, incluyendo una sección de broca que tiene filo(s) de corte, ranura(s) y una porción de diámetro expandido en la que: la ranura tiene una longitud que es al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca, la sección de la broca primero se estrecha y luego se expande, cambiando de diámetro a partir de un filo de corte de la broca hacia un extremo posterior de la sección de broca, un diámetro exterior de la sección de broca al final de la ranura es al menos 0,9 veces y como máximo 0,98 veces el diámetro de broca, se proporciona una porción de diámetro expandido entre el extremo posterior de la sección de broca y una sección de cuello, teniendo un diámetro que se expande desde el diámetro exterior del extremo de la ranura hasta 1 o menos veces el diámetro de broca; la sección de cuello está conectada con una sección de vástago y tiene un diámetro más pequeño que el diámetro de broca y una longitud que es 10 o más veces el diámetro de broca.

35 [0012] En la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos de la presente invención, la longitud de la ranura se puede establecer para que sea por lo menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de la broca. Por otro lado, si la longitud de la ranura es larga, la resistencia de corte se incrementará y la vibración de la broca o similar puede afectar desfavorablemente la rectitud de un agujero perforado. Por esta razón es deseable que la longitud de la ranura sea 7 o menos veces el diámetro de la broca.

40 [0013] Por otra parte, con respecto a la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos de la presente invención, es necesario que el diámetro exterior de la sección de cuello sea más pequeño que el diámetro de la broca. Sin embargo, es deseable que el diámetro exterior de la sección de cuello se establezca en al menos 0,85 veces a 0,98 veces más pequeño que el diámetro de la broca. Más preferiblemente, se proporcionan porciones guía cada una con un diámetro exterior de al menos 0,98 veces y como mucho 1,0 veces el diámetro de la broca en una o más posiciones en la sección de cuello.

45 [0014] Cuando la distancia de la sección de broca a la(s) porción(es) guía es larga con respecto a la profundidad de un agujero taladrado, la rectitud del agujero taladrado se verá desfavorablemente afectada hasta que la(s) porción(es) guía(s) entren en el agujero taladrado, lo que genera el problema de que la rectitud pueda perjudicarse. Por esta razón, es preferible que el intervalo entre la(s) porción(es) guía sea al menos 5 veces y como mucho 10 veces el diámetro de la broca, y que

cuanto más cerca estén las posiciones de las porciones guías a la sección de broca más cortos deben hacerse los intervalos entre la(s) porción(es) guía(s). Preferiblemente, la longitud de cada porción guía es al menos 0,2 veces y como mucho 2 veces el diámetro de la broca, haciendo así posible suprimir una desviación de la broca sobre toda la longitud de la broca.

5 [0015] En la reivindicación 6 se describe un método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, y es un método que utiliza una fresa de extremo esférico para conformar la superficie inferior de un agujero guía en una estructura aproximadamente semiesférica que tiene una forma específica, de tal modo que se taladre un agujero guía con una precisión aceptable.

10 [0016] Es decir, un método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención es un método caracterizado por el taladrado de un agujero con un diámetro de 1 mm o menos y una profundidad de 10 o más veces el diámetro del agujero taladrado, especialmente 15 o más veces el diámetro del agujero taladrado, utilizando un agujero guía preformado para guiar una broca de diámetro pequeño para agujeros profundos.

15 [0017] Según el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, antes de taladrar un agujero profundo, se forma un agujero guía utilizando una fresa de extremo esférico. La fresa de extremo esférico se hace avanzar en la dirección del eje de rotación de la fresa de extremo esférico, de modo que el diámetro del agujero guía se haga por lo menos 0,90 veces y como mucho 1,05 veces el diámetro de la broca de diámetro pequeño de agujeros profundos y la profundidad del agujero guía se haga por lo menos 0,6 veces y como mucho 2,0 veces el diámetro de la broca de diámetro pequeño de agujeros profundos. Aquí, el agujero guía se hace de forma que tenga una superficie inferior de forma sustancialmente semiesférica. Además, la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos tiene una longitud de ranura que es al menos 5 veces y como mucho 10 veces el diámetro de la broca y la sección de cuello tiene una longitud que es 10 o más veces el diámetro de la broca. Esta broca de diámetro pequeño para agujeros profundos se utiliza para realizar el taladrado repitiendo un avance por pasos.

20

25 [0018] Utilizando el método de taladrado antes mencionado, es posible taladrar un agujero profundo que tenga un diámetro de 1 mm o menos y una profundidad de 15 o más veces el diámetro del agujero, teniendo especialmente una relación L/D de 50 o más, obteniendo con ello una precisión en el posicionamiento aceptable y estable, realizando un taladrado de agujeros con una elevada rectitud y consiguiendo una vida larga para la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos.

30 [0019] En el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención que utiliza un agujero guía específico formado por una fresa de extremo esférico, se usa una broca de diámetro pequeño para agujeros profundos de la presente invención, que comprende una porción cónica de diámetro expandido en la dirección hacia el vástago y situada entre el extremo de la ranura y la sección de cuello. La broca de diámetro pequeño para agujeros profundos tiene una longitud de ranura de al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de la broca, y una longitud del cuello de 10 o más veces el diámetro de la broca. El taladrado mencionado arriba se realiza repitiendo un avance por pasos.

35 [0020] De esta manera, es posible empujar las virutas de corte que salen volando del extremo de la ranura de nuevo hacia la ranura y sostener de forma segura las virutas dentro de la ranura, de manera que las virutas se puedan eliminar sin penetrar en la sección de cuello de la broca, obteniendo así una rectitud aceptable para un agujero taladrado.

[0021] Además, es preferible que cualquiera de los métodos de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención use la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos de la presente invención.

40 [0022] En el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, cuando se taladra un agujero que tiene una profundidad que es 50 o más veces el diámetro de un agujero taladrado, la posición de la arista periférica exterior de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos durante un retroceso se sitúa preferiblemente en el interior del agujero taladrado. La posición del canto periférico exterior se encuentra entonces al menos 0,03 veces y a lo sumo 1,0 veces el diámetro de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos desde la cara final de la entrada del agujero taladrado.

45 [0023] En el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos cuando no está taladrando es de al menos 1m/min y como mucho de 4 m/min.

[Efecto de la invención]

[0024] Utilizando la presente invención, se hace posible taladrar un agujero profundo que tenga una relación L/D de 15 o más, obteniendo una rugosidad aceptable de la superficie interior del agujero sin irregularidades o similares, así como una excelente rectitud.

5 [0025] Además, utilizando la presente invención, se hace posible conseguir una larga vida para la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos combinando la forma nueva de la broca con el método nuevo de taladrado.

10 [0026] Además, cuando se aplica a un proceso de taladrado para formar un agujero pasante, la presente invención puede mejorar enormemente la rugosidad de la superficie interior del agujero profundo microtaladrado y asegurar una rectitud aceptable. En consecuencia, se hace posible omitir un proceso de avellanado que solía ser de otro modo necesario después de un proceso de taladrado de la técnica anterior, haciendo así posible la realización de un microtaladrado de agujero profundo para taladrar un agujero pasante en un solo proceso utilizando una sola broca.

[Breve descripción de los dibujos]

[0027]

[FIG. 1] La FIG. 1 muestra un ejemplo de un aspecto exterior de una broca de diámetro pequeño de la presente invención.

15 [FIG. 2] La FIG. 2 muestra otro ejemplo de un aspecto exterior de una broca de diámetro pequeño de la presente invención.

[FIG. 3] La FIG. 3 es una vista esquemática que muestra una sección de la broca 5 mostrada en la FIG. 1

[FIG. 4] La FIG. 4 es una vista esquemática similar a la FIG. 3 que muestra otra forma de realización.

[FIG. 5] La FIG. 5 es una vista esquemática similar a la FIG. 3 que muestra otra forma de realización.

[FIG. 6] La FIG. 6 es una vista frontal que muestra otra forma de realización de la FIG. 2.

20 [FIG. 7] La FIG. 7 es una vista frontal que muestra otra forma de realización de la FIG. 2.

[FIG. 8] La FIG. 8 muestra un ejemplo de una etapa inicial de un proceso de taladrado convencional

[FIG. 9] La FIG. 9 muestra un ejemplo de una etapa intermedia de un proceso de taladrado convencional

[FIG. 10] La FIG. 10 muestra un ejemplo en el que un ángulo de apertura es mayor que el ángulo de la punta de una broca.

[FIG. 11] La FIG. 11 muestra un ejemplo en el que un ángulo de apertura es igual que el ángulo de la punta de una broca.

25 [FIG. 12] La FIG. 12 muestra un orden de operación para un avance por pasos.

[FIG. 13] La FIG. 13 muestra una posición de una arista periférica exterior durante un retroceso.

[FIG. 14] La FIG. 14 muestra un ejemplo del método de taladrado de la presente invención.

[FIG. 15] La FIG. 15 muestra otro ejemplo del método de taladrado de la presente invención.

30 [FIG. 16] La FIG. 16 muestra un ejemplo de comparación del agujero guía entre un ejemplo de la presente invención y un ejemplo convencional.

[FIG. 17] La FIG. 17 es una vista frontal que muestra una broca de diámetro pequeño de la presente invención.

[FIG. 18] La FIG. 18 es una vista frontal que muestra otra forma de realización de la FIG. 17.

- [FIG. 19] La FIG. 19 muestra una sección transversal de una pieza de trabajo taladrada utilizando el método de la presente invención y una herramienta utilizada actualmente.
- [FIG. 20] La FIG. 20 es una vista esquemática que muestra otra forma de una porción de diámetro expandido mostrada en la FIG. 2.
- 5 [FIG. 21] La FIG. 21 es una vista esquemática similar a la FIG. 20, que muestra otra forma de la porción de diámetro expandido.
- [FIG. 22] La FIG. 22 es una vista esquemática similar a la FIG. 20, que muestra otra forma de la porción de diámetro expandido.
- [FIG.23] La FIG. 23 es una vista frontal que muestra una broca de diámetro pequeño de la presente invención.
- 10 [FIG. 24] La FIG. 24 muestra otro ejemplo de la broca de diámetro pequeño de la presente invención.
- [FIG. 25] La FIG. 25 muestra en detalle una parte de un proceso de taladrado de la presente invención.
- [FIG. 26] La FIG. 26 muestra una comparación del estado de taladrado en la etapa final para taladrar agujeros pasantes, entre la presente invención y un ejemplo comparativo.
- 15 [FIG. 27] La FIG. 27 muestra un estado de taladrado en la etapa final para el taladrado de un agujero pasante, según la presente invención.
- [FIG. 28] La FIG. 28 muestra un estado de taladrado en la etapa final para el taladrado de un agujero pasante, según un ejemplo comparativo.
- [FIG. 29] La FIG. 29 muestra la superficie interior de un agujero obtenido según la presente invención.
- [FIG. 30] La FIG. 30 muestra la superficie interior de un agujero formado según un ejemplo comparativo.
- 20 [FIG. 31] La FIG. 31 muestra una sección transversal de una pieza de trabajo taladrada utilizando el método de la presente invención, y una herramienta utilizada actualmente.
- [FIG. 32] La FIG. 32 muestra una comparación de la superficie interior de un agujero, entre la presente invención y una técnica anterior que se basa en un procesamiento por electroerosión.
- [Mejor modo para realizar la invención]
- 25 [0028] La FIG. 1 y la FIG. 2 muestran ejemplos de una broca de diámetro pequeño para el taladrado de agujeros profundos según la presente invención. En lo sucesivo, a efectos prácticos, a la broca de diámetro pequeño para el taladrado de agujeros profundos según la presente invención también se la llamará "broca de diámetro pequeño". La FIG. 1 es un ejemplo que muestra que no hay una porción guía 13 en la sección de cuello 6, y la FIG. 2 es un ejemplo que muestra una porción guía 13 en la sección de cuello 6. En cualquier ejemplo, la broca de diámetro pequeño 1 comprende una sección de broca 5 que tiene un filo de corte 3, una ranura 4 y una porción de diámetro más pequeño 8 en una porción de diámetro pequeño 14, un extremo 9 de la ranura 4, una porción cónica de diámetro expandido 10, una sección de cuello sustancialmente cilíndrica 6, y una sección de vástago 7 que tiene un diámetro mayor que el de la sección de cuello 6. El ejemplo mostrado en la FIG. 2 comprende además una porción guía 13 en la sección de cuello 6, el diámetro del la broca 2 se define como el diámetro más grande del filo de corte 3 mostrado en la FIG. 1, y la longitud de la ranura 11 es la distancia en línea recta desde la porción de mayor diámetro del filo de corte 3 hasta el extremo 9 de la ranura 4.
- 30
- 35
- [0029] La sección de broca 5 de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención tiene la porción de menor diámetro 8 en una porción de diámetro pequeño 14 situado en cualquier lugar en la dirección longitudinal de la broca 5. La porción de menor diámetro 8 se conforma de tal manera que su diámetro disminuye primero y luego se extiende desde el filo de corte 3 hacia la parte posterior de la sección de broca 5. El diámetro exterior de la sección de broca 5 en el extremo 9 de la ranura 4 es al menos 0,9 veces y como máximo 0,98 veces el diámetro de broca 2. El extremo posterior de la sección de broca 5 tiene una porción de diámetro expandido 10 en la que el diámetro se expande más allá del diámetro exterior en el extremo 9 de la ranura 4 hasta 1 o menos veces el diámetro de broca 2. El diámetro exterior de la sección de cuello 6
- 40

conectada a la sección de vástago 7 es menor que el diámetro de broca 2. La longitud 12 de la sección de cuello 6 es 10 o más veces el diámetro de broca 2.

[0030] La sección de broca 5 de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención se forma de tal manera que su diámetro disminuye primero desde el filo de corte 3 hacia el extremo trasero de la sección de broca 5 hasta la porción de menor diámetro 8 de la porción de pequeño diámetro 14, y después se expande de modo que el diámetro exterior de la sección de broca 5 en el extremo 9 de la ranura 4 es al menos 0,9 veces y como máximo 0,98 veces el diámetro de la broca 2. La expansión del diámetro de la sección de broca 5 después de haberse reducido desde el filo de corte 3 hacia el extremo posterior de la sección de broca 5 también se puede explicar de la siguiente manera: la sección de broca 5 tiene la porción de menor diámetro 8 de la sección de broca 5 en algún lugar en la parte posterior de la sección de broca 5, visto desde el filo de corte 3.

[0031] El diámetro exterior de la sección de broca 5 en el extremo 9 de la ranura 4 se puede ver expandido cuando se observa desde la porción de diámetro pequeño 14. Esto significa que se puede evitar que las virutas de corte salgan volando hacia la parte posterior de la sección de broca 5 del extremo 9 de la ranura 4, permitiendo impedir que las virutas penetren en la superficie periférica exterior de la sección de broca 5 o en la superficie periférica exterior de la sección de cuello 6, inhibiendo así una posible rotura de la broca. Además, se puede impedir que las virutas de corte alcancen el extremo 9 de la ranura 4 y penetren en la sección de cuello 6 durante el corte. De esta manera, las virutas de corte puede permanecer dentro de la ranura 4, por lo que es posible estabilizar el corte y asegurar una rectitud aceptable en el taladrado.

[0032] Si el diámetro exterior de la sección de broca 5 en el extremo 9 de la ranura 4 es menor que 0,9 veces el diámetro de broca 2, las virutas de corte se moverán hacia la parte posterior de la sección de broca 5 hacia la sección de cuello 6, haciendo que el par de corte fluctúe y que la rectitud de un agujero taladrado sea inaceptable. En este momento la broca puede romperse. Por otra parte, si el diámetro exterior de la sección de broca 5 es mayor que 0,98 veces el diámetro de broca 2 en el extremo 9 de la ranura 4, será imposible que la porción cónica de diámetro expandido 10 (que se describirá más adelante) tenga un diámetro exterior suficiente. Por lo tanto, es preferible que el diámetro de la sección de broca 5 se expanda y estreche desde la porción de diámetro menor 8 de la sección de broca 5 hasta el extremo 9 de la ranura 4.

[0033] En virtud de la función de la porción de diámetro menor 14 de la sección de broca 5, las virutas de corte en la parte de diámetro menor 14 se pueden quitar fácilmente sin penetrar entre la superficie interior del agujero taladrado y la broca 1. Así, la porción de menor diámetro 8 de la porción de diámetro pequeño 14 se establece en al menos 0,85 veces y como mucho 0,96 veces el diámetro de broca 2. Al proporcionar la porción de diámetro pequeño 14 dentro de este intervalo, se hace posible evitar que el extremo delantero en la superficie periférica exterior de la porción de diámetro pequeño 14 raspe la superficie circunferencial interior del agujero taladrado, por lo que es posible suprimir cualquier aumento en el par de corte, asegurando así un agujero taladrado con una rectitud aceptable.

[0034] Si la porción de menor diámetro 8 de la porción de diámetro pequeño 14 de la broca de diámetro pequeño 1 es menor que 0,85 veces el diámetro de broca 2, las virutas de corte grandes pueden entrar en el agujero taladrado, afectando por lo tanto de manera desfavorable a la rugosidad superficial de la superficie circunferencial interior del agujero. Además, la rigidez de la broca de diámetro pequeño 1 también se ve afectada desfavorablemente, haciendo que la broca de diámetro pequeño 1 se rompa fácilmente. Por otro lado, si la porción de menor diámetro 8 de la porción de diámetro pequeño 14 de la sección de broca 5 es mayor que 0,96 veces el diámetro de la broca 2, será imposible proporcionar una porción cónica de diámetro expandido capaz de empujar hacia atrás las virutas de corte.

[0035] Una de las características importantes de la forma de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención es la porción de diámetro expandido 10 proporcionada en el extremo posterior de la sección de broca 5, que tiene un diámetro que es 1 o menos veces el diámetro de la broca 2. Preferiblemente, la porción de diámetro expandido 10 se expande y se estrecha hasta 1 vez el diámetro de la broca 2, que se extiende desde el extremo 9 de la ranura 4 de la sección de broca 5 hacia la sección de cuello 6 hasta la porción de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10.

[0036] Las funciones de la porción de diámetro expandido 10 pueden describirse como sigue. Es decir, aunque se evite que la mayoría de las virutas de corte penetren gracias a la estructura del extremo 9 de la ranura 4 descrita anteriormente, en el caso de que pequeñas virutas salgan volando de la ranura 4, tales virutas más pequeñas pueden ser empujadas de nuevo hacia la punta de la broca de diámetro pequeño 1 en virtud de la porción de diámetro expandido 10. Además, la parte de diámetro expandido 10 también puede hacer que las virutas permanezcan dentro de la ranura 4, impidiendo así que las virutas queden atrapadas sobre la superficie periférica exterior de la porción de pequeño diámetro 14 y la superficie periférica exterior de la sección de cuello 6. Por lo tanto, la parte de diámetro expandido 10, gracias a las funciones anteriores, hace que sea posible formar un agujero taladrado que tenga una rectitud aceptable, lo que la hace eficaz en la supresión de una rotura de la broca de diámetro pequeño 1.

- 5 [0037] Aunque la parte de diámetro expandido 10 se puede hacer fácilmente recta y cónica en su superficie exterior durante la fabricación de la broca de diámetro pequeño 1, como se muestra en la FIG. 1, la superficie exterior de la porción de diámetro expandido 10 también puede ser curvada, de hecho, cuanto más cerca esté el diámetro máximo de la porción cónica de diámetro expandido 10 del diámetro de la broca 2, más fácil es para esta porción de diámetro expandido 10 guiar la sección de broca 5, haciendo así posible aumentar la rectitud de un agujero taladrado.
- [0038] Además, la sección de broca 5 también puede agrandarse o reducirse de las formas que se muestran en las FIGS. 3 a 5, incluyendo una conicidad invertida (FIG. 3), un rebaje (FIG. 4) y una combinación de una conicidad invertida y un rebaje (FIG. 5). En cada uno de los casos, la sección de broca 5 tiene una porción de menor diámetro 8 en la porción de diámetro pequeño 14. Preferiblemente, la cantidad de conicidad invertida es de al menos 0,4/100 mm y a lo sumo de 2,0/100.
- 10 [0039] Además, en la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención, la longitud de ranura 11 se hace al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca 2. Una longitud de ranura 11 dentro de dicho intervalo puede asegurar un volumen interno necesario de la ranura 4, de modo que cuando la broca de diámetro pequeño 1 se mueva dentro de un agujero profundo, las virutas de corte se puedan acumular dentro de la ranura 4. Si la longitud de la ranura 11 es más corta de 5 veces el diámetro de broca 2, la cantidad de avance por carrera de la broca de diámetro pequeño 1 con avance por
15 pasos tiene que ser pequeña, pues haría que el filo de corte 3 se desgaste fácilmente. Por otro lado, si la longitud de la ranura 11 es más de 10 veces el diámetro de la broca 2, debido a una disminución en la rigidez de la broca de diámetro pequeño 1, la rectitud será deficiente. Particularmente, con el fin de garantizar una rigidez necesaria para la broca de diámetro pequeño 1, es preferible que la longitud de ranura 11 se establezca, en la medida de lo posible, como máximo 7 veces el diámetro de la broca 2.
- 20 [0040] Por otro lado, la longitud de la sección de broca 5 se hace como mucho 12 veces el diámetro de la broca 2. Esto es porque si la longitud de la sección de broca 5 es mayor que 12 veces el diámetro de la broca 2, la rigidez de la broca de diámetro pequeño 1 será baja y por lo tanto no recomendable. Sin embargo, al hacer la sección de cuello 6 larga, es posible hacer un agujero profundo que tenga una profundidad que sea 12 o más veces el diámetro de broca 2. Además, es
25 preferible que el diámetro exterior de la sección de cuello 6 sea de al menos 0,85 veces y menos de 1,0 veces el diámetro de broca 2.
- [0041] Si el diámetro exterior de la sección de cuello 6 es de menos de 0,85 veces el diámetro de broca 2, aumenta el riesgo de rotura de la broca de diámetro pequeño 1 debido a una broca excesivamente delgada. Por otra parte, si el diámetro exterior de la sección de cuello 6 es 1,0 veces el diámetro de broca 2, el diámetro exterior de la sección de cuello 6 será
30 igual al diámetro de broca 2, lo que genera el problema de que la resistencia de corte durante un proceso de taladrado sea grande.
- [0042] Según la presente invención, para taladrar un agujero profundo con una relación L/D grande aumentando la longitud 12 de la sección de cuello 6, la longitud 12 de la sección de cuello 6 se hace para que sea 10 o más veces el diámetro de la broca 2. En la etapa final de un proceso de taladrado según la presente invención, la sección de broca 5 será recibida en un agujero taladrado. Para suprimir una desviación de la broca de diámetro pequeño 1 y taladrar un agujero profundo que
35 tenga una rectitud aceptable, es preferible que el diámetro exterior de la sección de cuello 6 sea de al menos 0,85 veces y menos de 0,98 veces el diámetro de broca 2. Además, como se muestra en la FIG. 2, la sección de cuello 6 está provista de al menos una porción guía 13 que tiene un diámetro exterior que es al menos 0,98 veces y a lo sumo 1,0 veces el diámetro de broca 2.
- [0043] Al hacer el diámetro exterior de la porción guía 13 al menos 0,98 veces y a lo sumo 1,0 veces el diámetro de broca 2, la porción guía 13 puede entrar en contacto con la superficie interior de un agujero taladrado. Cuando la sección de cuello 6
40 avanza en una porción profunda de un agujero taladrado en virtud de la sección de broca 5, la porción guía 13 es capaz de guiar la sección de broca 5 a lo largo de la pared interior del agujero taladrado.
- [0044] Preferiblemente, la longitud de cada porción guía individual 13 es al menos 0,2 veces y como máximo 0,5 veces el diámetro de broca 2. Para asegurar una resistencia deseada para cada porción guía 13, es preferible que la longitud 47 de
45 cada porción guía 13 en un lugar sea larga. Por otro lado, si la longitud 47 de la porción guía 13 excede 0,5 veces, la resistencia de corte aumentará parcialmente causando una vibración y haciendo por tanto difícil asegurar una rectitud deseada para un agujero taladrado. Sin embargo, si la longitud de una porción guía 13 en un lugar es más corta que 0,2 veces, será difícil asegurar una fuerza deseada de la porción guía 13, causando un astillado indeseado de la porción guía 13 y por tanto haciendo difícil asegurar un efecto suficiente de guiado. Además, si una zona astillada de la porción guía 13
50 entra en contacto con la superficie interior de un agujero taladrado, la rugosidad de la superficie interior del agujero taladrado puede deteriorarse.

[0045] Es preferible que un intervalo entre cada dos porciones guías 13 sea al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca 2. Al recibir las porciones guías 13 en el agujero taladrado y al hacer que las porciones guías 13 entren en contacto con la superficie interior de un agujero taladrado, se hace posible garantizar un efecto deseado de guiado, asegurando así una rectitud aceptable para el agujero taladrado. Sin embargo, si un intervalo entre cada dos porciones guías 13 es menor que 5 veces el diámetro de broca 2, se considera que se puede obtener un efecto de supresión de una desviación de la broca 1 suficientemente. Pero si el intervalo entre las porciones guías 13 es pequeño, la resistencia de corte aumentará parcialmente, lo que hace difícil garantizar una rectitud deseada para un agujero taladrado debido a la vibración resultante. Por otro lado, si el intervalo mencionado anteriormente supera 10 veces el diámetro de broca 2, como el intervalo entre las porciones guías 13 es grande, será difícil suprimir suficientemente una desviación de la broca 1 que puede ocurrir antes de que la siguiente porción guía 13 se mueva en el agujero taladrado, afectando así desfavorablemente la rectitud del agujero taladrado.

[0046] De esta manera, como las porciones guías 13 pueden proporcionar un efecto de guiado en virtud de la porción recibida en un agujero taladrado, no hay necesidad de proporcionar las porciones guías 13 en el mismo intervalo a lo largo de toda la sección de cuello 6. Además, como las otras formas de realización de porciones guías 13 que se muestran en la FIG. 6 y la FIG. 7, es preferible ese mayor número de porciones guías 13 o que aquellas que tengan áreas más grandes se proporcionen más cerca del filo de corte 3, asegurando así un efecto deseado de guiado.

[0047] La razón de lo anterior se puede explicar como sigue. A saber, con respecto a la profundidad de un agujero a taladrar, una distancia más corta entre la sección de broca 5 y las porciones guías 13 puede permitir que las porciones guías 13 sean recibidas en un agujero taladrado en un momento anterior, permitiendo así que las porciones guías 13 faciliten el efecto de asegurar una rectitud deseada en un momento anterior. De esta manera, las porciones guías 13 pueden suprimir una desviación de la broca de diámetro pequeño 1 y por lo tanto garantizar una rectitud deseada para la broca de diámetro pequeño 1. Particularmente, cuando se taladra un agujero profundo que tiene una relación L/D de al menos 50 y como máximo 100, que sirve como ejemplo en el que la desviación se produce fácilmente, las porciones guías 13 pueden exhibir un efecto notable.

[0048] La longitud 11 de la ranura 4 de la broca de diámetro pequeño 1 según la presente invención se realiza al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca 2, asegurando con ello el volumen de la ranura 4 y por lo tanto la acumulación de las virutas de corte en la ranura 4, mientras que la broca de diámetro pequeño 1 se sigue moviendo dentro del agujero profundo. Por otro lado, si la longitud de la ranura 11 es más corta que 5 veces el diámetro de broca 2, la cantidad de avance por carrera de la broca de diámetro pequeño 1 con avance por pasos tiene que ser pequeña lo que hace que el filo de corte 3 se desgaste fácilmente. Sin embargo, si la longitud 11 de la ranura 4 es más larga que 10 veces el diámetro de broca 2, la disminución en la rigidez de la broca de diámetro pequeño 1 hará que la rectitud se vuelva deficiente.

[0049] Un método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención es un método que utiliza una broca de diámetro pequeño 1 que tiene un diámetro de broca de 1 mm o menos, preferiblemente 0,5 mm o menos, para taladrar un agujero profundo que tenga una relación L/D de 15 o más, especialmente un agujero profundo que tenga una relación L/D de 50 o más, la última de las cuales no se había conseguido hasta la presente invención.

[0050] De manera convencional, cuando se realiza el método de taladrado de microagujeros profundos, lo habitual es formar primero un agujero guía con una broca. Por ejemplo, cuando el posicionamiento se realiza utilizando una broca descrita en el documento de patente 3 o documento de patente 5, como esa broca no tiene un filo de corte periférico exterior, la operación de procesamiento de la superficie interior del agujero no llega a ser suficiente, por lo que es difícil asegurar la redondez del agujero guía. Por esta razón, cuando la broca de diámetro pequeño 1 penetra a través del agujero guía, el taladrado será muy inestable, lo que hace imposible taladrar un agujero con una alta precisión. Además, se producirá algún desgaste anormal en la punta del filo de corte de la broca de diámetro pequeño 1, y se crearán rebabas en la entrada del agujero taladrado, lo que da como resultado una rotura de la broca de diámetro pequeño 1.

[0051] Aun taladrando un agujero guía con una broca como la descrita en el documento de patente 4, se han dado algunos problemas peculiares del taladrado, como se explica a continuación con referencia a las FIGS. 8 a 11.

[0052] Como se muestra en la FIG. 8, la parte inferior de un agujero guía tiene un ángulo de apertura fijo 19 y se usa una broca de diámetro pequeño 1 predeterminada para taladrar un agujero profundo. Sin embargo, si el ángulo de la punta 16 de la broca de diámetro pequeño 1 es más pequeño que el ángulo de apertura 19 formado durante el taladrado de un agujero guía, como se puede ver en la FIG. 8, en el momento en el que la broca de diámetro pequeño 1 entre en contacto con una porción guía 21 formada en una pieza de trabajo 20, el corte comenzará desde un cincel 22 que tenga una anchura predeterminada.

- [0053] Posteriormente, como se muestra en la FIG. 9, un punto de corte 23 se mueve gradualmente en dirección hacia el exterior, o en otras palabras, en la dirección de movimiento del punto de corte. Cuando se utiliza la broca de diámetro pequeño 1, es probable que el cincel 22 haga a la broca de diámetro pequeño 1 inestable produciendo una fluctuación en la precisión del agujero, lo que genera un problema en el taladrado del agujero.
- 5 [0054] Además, cuando el ángulo de la punta 16 de la broca de diámetro pequeño 1 es mayor que el ángulo de apertura 19 formado en el agujero guía, como se puede ver en la FIG. 10, la broca de diámetro pequeño 1 empieza a cortar desde su arista circunferencial exterior 26 y el punto de corte 23 se mueve en la dirección de movimiento del punto de corte. Sin embargo, como el cincel 22 no corta al principio, la broca de diámetro pequeño 1 puede tambalearse y esto hace que sea difícil asegurar una precisión estabilizada del agujero, provocando un problema en el corte.
- 10 [0055] Si el ángulo de la punta de la broca de diámetro pequeño 1 está en el mismo ángulo que el ángulo de apertura 19, como puede verse en la FIG. 11, todo el filo de corte 3 de la broca de diámetro pequeño 1 participará en el corte simultáneamente. Como resultado, la resistencia de corte aumenta demasiado rápidamente, haciendo que la broca de diámetro pequeño 1 vibre y esto hace que sea imposible asegurar una precisión deseada del agujero.
- [0056] Por otra parte, las FIGS. 12(1) -12(4) muestran una secuencia de operación de un avance por pasos utilizando la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención. Como se muestra, después de haber realizado un corte 28 mostrado en la FIG. 12(1), es decir, después de haber cortado una profundidad de paso, la broca de diámetro pequeño 1 sale temporalmente de la entrada del agujero taladrado por un retroceso 30, como se muestra en la FIG. 12(2). Entonces, con el fin de cortar una siguiente profundidad de paso, la broca de diámetro pequeño 1 se devuelve a una posición cerca del punto de taladrado por un siguiente paso hacia adelante 31, como se muestra en la FIG. 12(3), continuando así un corte predeterminado 29, como se muestra en la FIG. 12(4).
- 15 [0057] Aquí, "avance por pasos" significa el proceso de realizar repetidamente los pasos que se muestran en las FIGS. 12(1) -12(4). Mediante la realización de un avance por pasos, es posible eliminar exactamente las virutas de corte acumuladas en la ranura 4, incluso cuando se taladra un agujero profundo. "Retroceso 30" significa el paso de sacar temporalmente la broca de diámetro pequeño 1 del agujero taladrado después de cortar una cantidad de paso. "Paso adelante 31" significa el paso de devolver la broca de diámetro pequeño 1 a una posición cerca del punto de taladrado después de haber realizado el retroceso 30.
- 20 [0058] El método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención se explicará mostrando un ejemplo de taladrado de un agujero profundo teniendo una profundidad que es 50 o más veces el diámetro del agujero taladrado, con referencia a la FIG. 13. La FIG 13 muestra una posición 33 de la arista circunferencial exterior 26 de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención en el momento en el que se realiza un retroceso 30. Preferiblemente, como se muestra en la FIG. 13, la posición 33 de la arista circunferencial exterior de la broca de diámetro pequeño 1 durante un retroceso 30 está en la dirección de taladrado de un agujero (definida como una dirección negativa) hacia dentro desde la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado, o en otras palabras, la posición 33 de la arista circunferencial exterior está dentro del agujero taladrado. A saber, la posición 33 de la arista circunferencial exterior está situada dentro del agujero taladrado, en una posición alejada de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado hasta un punto en el que es preferiblemente al menos 0,03 veces y a lo sumo 1,0 veces el diámetro de broca 2.
- 25 [0059] Por lo general, en un avance por pasos, después de la formación de una profundidad predeterminada de corte 28, la posición 33 de la arista circunferencial exterior de la broca de diámetro pequeño 1 se mueve a una posición desde la que puede moverse exactamente fuera de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado (definida como dirección positiva), o en otras palabras, se mueve hacia el exterior del agujero taladrado. De esta manera, las virutas de corte se pueden quitar exactamente.
- 30 [0060] Sin embargo, cuando se perfora un agujero muy profundo cuya relación L/D excede de 50, se emplea normalmente una broca de diámetro pequeño 1 en la que la longitud 12 de la sección de cuello 6 es muy larga. De esta manera, una vez que la arista circunferencial exterior 26 de la broca de diámetro pequeño 1 se mueve hacia atrás a una posición capaz de permitir a la misma alejarse de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado durante un retroceso 30, la broca de diámetro pequeño 1 se sacudirá de un lado a otro debido a la rotación de la herramienta. Como resultado, cuando la broca de diámetro pequeño 1 se vuelve a colocar en el agujero taladrado, hay una posibilidad de que la propia broca se desvíe de su posición correcta o se rompa.
- 35 [0061] Por esta razón, es preferible que la arista circunferencial exterior 26 de la broca de diámetro pequeño 1 durante un retroceso 30 se sitúe en la dirección de taladrado del agujero, alejándose hacia el interior de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado, es decir, en el interior del agujero taladrado. De esta manera, se hace posible realizar un taladrado estabilizado sin hacer que la broca de diámetro pequeño 1 se sacuda de lado a lado.

[0062] De forma convencional, si el diámetro de la herramienta es grande o la relación L/D no es tan grande, la velocidad de avance de la herramienta es generalmente de 10 a 20 m/min. Sin embargo, cuando se realiza un taladrado de microagujeros profundos para taladrar un agujero extremadamente profundo que tenga un diámetro de 1 mm o menos y una profundidad mayor que 50 veces el diámetro del agujero, si la velocidad de avance para mover la broca de diámetro pequeño 1 es demasiado rápida el intervalo de tiempo en el que no se realiza el taladrado, la herramienta tiende a vibrar debido a una longitud del cuello inferior 17 larga de la broca de diámetro pequeño 1. Por otro lado, si la velocidad de avance para mover la broca de diámetro pequeño 1 es demasiado lenta, habrá una posibilidad de que la superficie periférica interior de un agujero taladrado se deteriore debido al tiempo prolongado durante el cual las virutas de corte y la superficie periférica interior del agujero taladrado están en contacto. Además, ese tiempo prolongado provoca una ineficiencia en el taladrado del agujero en la práctica real. Aquí, "intervalo de tiempo sin taladrar" significa un intervalo de tiempo durante el cual, entre una serie de avances por pasos, la broca de diámetro pequeño 1 está temporalmente retrocedida a una posición cerca de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado y luego devuelta a una posición cerca del punto de taladrado dentro de un agujero taladrado.

[0063] Por lo tanto, con respecto al método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, es preferible que la velocidad de avance para mover la broca de diámetro pequeño 1 durante el período sin taladrar en un avance por pasos sea por lo menos de 1 m/min y a lo sumo de 4 m/min.

[0064] La utilización de la presente invención en las condiciones descritas anteriormente hace posible obtener una precisión de posicionamiento aceptable y estable en virtud del nuevo método de formación de un agujero guía. Además, mediante la realización de un taladrado mediante la repetición de los pasos anteriores, se hace posible realizar un taladrado del agujero que tiene una rectitud alta, incluso cuando la relación L/D es 15 o más. Además, mediante la formación de un agujero guía con una redondez aceptable, es posible realizar un taladrado estable sin causar una vibración de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención, por lo que es posible ampliar la vida útil de la broca de diámetro pequeño 1.

[0065] Una característica de la presente invención es formar un agujero guía utilizando una fresa de extremo esférico que tiene filo(s) de corte periférico(s) externo(s). Como primera función de la formación de un agujero guía, se hace posible cortar fácilmente un agujero para formar una superficie periférica lisa interior de un agujero guía por medio de una fresa de extremo esférico que tiene uno o varios filos de corte periférico(s) externo(s), mejorando de este modo la precisión del agujero guía y asegurando así un agujero guía con menos rebabas y una redondez aceptable.

[0066] Hay varios tipos de extremos de fresas, tales como fresas de extremo cuadrado y fresas de extremo con radio angular con filo(s) de corte periférico(s). Sin embargo, estas fresas son inestables debido a que entran en contacto con la superficie interior del agujero desde porciones cerca de sus extremos periféricos exteriores en el momento de penetrar, lo cual hace imposible asegurar una redondez aceptable. Por el contrario, si se utiliza una fresa de extremo esférico, como el área cerca del cincel entra en contacto y luego el diámetro de la herramienta aumenta gradualmente, es posible garantizar una perforación estable con la penetración. Además, se hace posible asegurar una redondez extremadamente buena del agujero guía formado por el o los filos de corte periférico(s) externo(s).

[0067] Una fresa de extremo esférico no necesita un depósito para las virutas que se necesitaría de otro modo para el tratamiento de las virutas de corte en una broca normal. Además, puesto que es posible realizar un taladrado con una rigidez aceptable, se permite mejorar notablemente la precisión del agujero guía. Por lo general, como una fresa de extremo esférico utiliza sólo un filo de corte esférico cuando está en uso, no hay necesidad de tener una longitud de ranura larga que sería de otro modo necesario en una broca normal, permitiendo así que el filo de corte periférico exterior sea corto y que la ranura periférica externa sea poco profunda. Además, dado que el filo de corte esférico se afila con una alta precisión con el fin de realizar un corte tridimensional, la fresa de extremo esférico no será sacudida, permitiendo así mejorar la precisión de la redondez del agujero guía.

[0068] Se puede explicar una segunda función de la utilización de una fresa de extremo esférico en la formación de un agujero guía en la presente invención con referencia a la FIG. 14 y la FIG. 15. La FIG. 14 y la FIG. 15 son dibujos que muestran una razón de por qué es posible suprimir en gran medida la vibración que se produce tras una acción penetrante de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención en el taladrado de microagujeros profundos.

[0069] Como se puede ver en los ejemplos de la presente invención mostrados en la FIG. 14 y la FIG. 15, una fresa de extremo esférico, que se mueve y corta convencionalmente en una dirección perpendicular al eje de rotación de la fresa, se mueve solamente en la dirección del eje de rotación de la fresa. A saber, el método de formación de un agujero guía utilizando la punta de la fresa de extremo esférico de la presente invención puede proporcionar un agujero guía cuya superficie inferior tiene una forma aproximadamente semiesférica. En un taladrado de microagujeros profundos utilizando una broca de diámetro pequeño 1, la arista periférica exterior 26 penetra en la curva 27 del agujero guía y el punto de corte 24 se mueve en la dirección de movimiento del punto de corte independientemente del ángulo de la punta 16 de la broca de

diámetro pequeño 1. Al mismo tiempo, el cincel 22 de la broca de diámetro pequeño 1 penetra en la pieza de trabajo 20 y el punto de corte 25 se mueve en la dirección de movimiento del punto de corte. Es decir, la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en el taladrado de microagujeros profundos se mantiene en ambos puntos de corte 24 y 25, de tal modo que hace posible garantizar un taladrado de microagujeros profundos estabilizado.

5 [0070] La estabilidad de la broca de diámetro pequeño 1 utilizada en el taladrado de microagujeros profundos varía mucho dependiendo de cómo se suprima la vibración de la herramienta durante un periodo de tiempo desde el inicio de la acción de penetración de la broca de diámetro pequeño 1 hasta que la parte inferior de la superficie del agujero guía se haya taladrado completamente. El método de formación de un agujero guía utilizando una fresa de extremo esférico de la presente invención exhibe un efecto notable en esta etapa. Por el contrario, cuando se taladra un agujero guía utilizando una broca convencional, una vez que la vibración se hace grande al taladrar la parte inferior de la superficie del agujero guía, la precisión final disminuirá notablemente y la broca de diámetro pequeño 1 puede dañarse.

10 [0071] La FIG. 16 muestra los estados de unos agujeros guías reales que se hicieron con la fresa de extremo esférico de la presente invención y con una broca convencional con una longitud total corta, respectivamente. Como condición de prueba, se realizó un corte en húmedo para formar agujeros guías hasta una profundidad de 0,48 mm sobre la superficie de un bloque SUS304 que sirve como pieza de trabajo, en las siguientes condiciones. Es decir, el número de revoluciones es de 20.000 min⁻¹, la velocidad de avance es de 100 mm/min, y la cantidad de paso cada vez es de 0,16 mm.

15 [0072] Como se muestra en la FIG. 16, un agujero guía formado utilizando la fresa de extremo esférico tiene una precisión extremadamente alta, proporcionando una redondez aceptable. Por el contrario, cuando se taladra un agujero guía utilizando sólo una broca normal, se formarán rebabas en el agujero guía, produciendo una redondez inaceptable y por lo tanto no proporcionando una precisión deseada. Así pues, se entiende que cuando la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en el taladrado de microagujeros profundos es guiada por la superficie periférica interior del agujero guía formado por una broca convencional, se produce una vibración tambaleante, que induce un desgaste anormal de la broca de diámetro pequeño 1, produciendo con ello una rectitud baja del agujero taladrado.

20 [0073] Preferiblemente, la fresa de extremo esférico está provista de no muchos filos de corte, con el fin de garantizar una capacidad de eliminación de virutas de corte y por lo tanto la formación de un agujero guía con una alta precisión. Por ejemplo, sólo se proporcionan dos filos de corte en una fresa de extremo esférico. Además, es preferible que la anchura del cincel de la fresa de extremo esférico esté en un intervalo de 0,01 mm o menos. Esto es porque esta anchura del cincel hace que sea posible disminuir la resistencia de corte cuando el cincel penetra en la pieza de trabajo, evitando de este modo un tambaleo de la fresa de extremo esférico y asegurando así la formación de un agujero guía con una alta precisión.

25 [0074] Aquí, una de las condiciones necesarias requeridas por la presente invención es que el diámetro del agujero guía se establezca en al menos 0,90 veces y a lo sumo 1,05 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1. De esta manera, es posible suprimir la resistencia de corte de la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en un taladrado de microagujeros profundos.

30 [0075] Si el diámetro de un agujero guía es menor que 0,90 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, la resistencia de corte en la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en un taladrado de agujeros profundos será demasiado grande, haciendo que la broca de diámetro pequeño 1 se doble, lo cual hace imposible taladrar un microagujero profundo con una gran rectitud. Por otra parte, si el diámetro del agujero guía es mayor que 1,05 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, se produce un espacio demasiado grande entre la pared interior del agujero guía y la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en el taladrado de agujeros profundos, haciendo la broca de diámetro pequeño 1 inestable y afectando por lo tanto desfavorablemente a la rectitud de un agujero taladrado profundo.

35 [0076] En la presente invención, la profundidad de un agujero guía se establece en al menos 0,6 veces y como máximo 2 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1. De esta manera, es posible proporcionar un agujero guía con una superficie periférica interior asegurada por un agujero de diámetro constante en la dirección del agujero profundo para guiar la superficie periférica exterior de la broca de diámetro pequeño 1 en el agujero guía, de tal modo que haga posible suprimir un tambaleo de la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en el taladrado de agujeros profundos y realizar un taladrado de agujeros profundos con una rectitud aceptable. Con la profundidad que se ha descrito anteriormente, cuando se forma un agujero guía con una fresa de extremo esférico, las virutas de corte no penetran en la ranura de la fresa de extremo esférico, asegurando así una excelente redondez y un posicionamiento preciso del agujero guía.

40 [0077] Aquí, si la profundidad de un agujero guía es inferior a 0,6 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, la profundidad del agujero guía será demasiado poco profunda y no podrá guiar suficientemente la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en el taladrado de agujeros profundos, haciendo el taladrado inestable y haciendo

imposible asegurar una precisión suficiente del agujero. Por otro lado, si la profundidad de un agujero guía es mayor que 2 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, las virutas de corte se obstruirán en la fresa de extremo esférico en el momento de formar el agujero guía, causando así una vibración y haciendo imposible formar un agujero guía con una precisión suficiente.

5 [0078] A continuación se dará una descripción para explicar algunas características de la forma de la broca de diámetro pequeño 1 que puede realizar un taladrado repitiendo los pasos previstos por la presente invención. Como se muestra en la FIG. 17, en un ejemplo de una broca de diámetro pequeño 1 utilizada en el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, la longitud de la ranura 11 es al menos 5 veces y, como máximo 10 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1 y la longitud 12 de la sección de cuello 6 es 10 o más veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1.

10 [0079] Al taladrar un agujero repitiendo los pasos anteriores utilizando la broca de diámetro pequeño 1, las virutas de corte pueden permanecer primero dentro de la ranura 4 y luego se quitan durante un retroceso 30, impidiendo de esta manera que las virutas penetren en el agujero taladrado, lo cual garantiza una rectitud aceptable del agujero taladrado. De hecho, este efecto se puede obtener mediante la combinación de la característica anterior con la estabilidad de la herramienta basada en el nuevo método de taladrado de agujeros guías, que es una característica del método de taladrado de la presente invención.

15 [0080] Además, como se muestra en la FIG. 18, en otra forma de realización de la broca de diámetro pequeño 1 utilizada en el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, se proporciona una porción cónica de diámetro expandido 10 dirigida hacia la sección de vástago 7 entre la ranura 4 y la sección de cuello 6, con la longitud de la ranura 11 siendo al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, y la longitud 12 de la sección de cuello 6 siendo 10 o más veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1.

20 [0081] La realización de un taladrado de agujero profundo repitiendo los pasos anteriores utilizando la broca de diámetro pequeño 1 que se ha descrito anteriormente puede proporcionar los siguientes efectos. A saber, como se proporciona una porción cónica de diámetro expandido 10 entre la longitud de la ranura 11 y la sección de cuello 6, las virutas de corte que salen volando desde el extremo 9 de la ranura 4 son empujadas hacia atrás en la ranura 4, de modo que las virutas pueden acumularse de forma segura dentro de la ranura 4. De esta manera, las virutas de corte pueden eliminarse con seguridad durante un retroceso 30 sin quedar atrapadas en la sección de cuello 6, haciendo así posible la obtención de un agujero perforado que tiene una rectitud aceptable.

25 [0082] De hecho, la porción cónica de diámetro expandido 10 no es absolutamente necesaria para el método de taladrado de la presente invención. Sin embargo, la existencia de la porción cónica de diámetro expandido 10 tiene el efecto de impedir que las virutas de corte penetren en la sección de cuello 6, asegurando así un taladrado de agujeros profundos más estabilizado.

30 [0083] Hasta ahora, un proceso de taladrado de agujeros profundos con un diámetro de taladrado siendo de 1 mm o menos y una profundidad de taladrado siendo más de 50 veces el diámetro de taladrado había sido casi imposible en sí, y mucho menos una precisión de taladrado. Esto es porque cuando se utiliza una broca de diámetro pequeño 1 teniendo una longitud cuya extensión 17 (empezando por el extremo del cuello) es 50 o más veces el diámetro de broca 2 la rigidez de la broca disminuirá notablemente y la estabilidad del taladrado dependerá en gran medida de la precisión del agujero guía. Por el contrario, la presente invención hace posible formar un agujero guía utilizando una fresa de extremo esférico que tiene filo(s) de corte periférico(s) exterior(es) y el avance de la fresa solamente en la dirección del eje de rotación de la misma, asegurando así una rondedez extremadamente buena en una zona de guiado taladrada por el o los filos de corte periféricos exteriores.

35 [0084] Además, puesto que la presente invención hace posible dar forma a la superficie inferior de un agujero guía en una configuración aproximadamente semiesférica, se puede inhibir en gran medida la vibración de la broca de diámetro pequeño 1, independientemente del ángulo de punta 16 de la broca de diámetro pequeño 1 que se utiliza en el taladrado de agujeros profundos, asegurando así un taladrado de agujeros profundos estabilizado, como se explica en la FIG. 14 y la FIG. 15. Además, puesto que la presente invención, además de los efectos proporcionados por el agujero guía antes mencionados, utiliza una broca de diámetro pequeño 1 para repetir los pasos anteriores durante el taladrado de un agujero, es posible impedir que las virutas de corte penetren en el interior del agujero durante un proceso de taladrado, mejorando de esa manera la rectitud del agujero taladrado.

40 [0085] Según la presente invención, con el fin de minimizar una vibración de lado a lado de la herramienta, es preferible que la posición de la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño 1 durante un retroceso 30 se encuentre en la dirección de taladrado del agujero hacia el interior más allá de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado. De hecho,

esta posición 33 está separada de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado en un grado que es al menos 0,03 veces y a lo sumo 1,0 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1.

- 5 [0086] Cuando se taladra un microagujero profundo teniendo una relación L/D de 50 o más, se utiliza una broca de diámetro pequeño 1 que tiene una sección de cuello 6 con una longitud muy larga 12. Durante el retroceso 30, una vez que la arista periférica exterior 26 de la broca de diámetro pequeño 1 se mueve hacia atrás a una posición capaz de dejarse sacar exactamente de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado, la broca de pequeño diámetro 1 vibrará de lado a lado debido a la rotación de la herramienta. Como resultado, cuando la broca de diámetro pequeño 1 se devuelva al agujero taladrado, es probable que la broca tenga desviada su posición.
- 10 [0087] Por esta razón, es preferible que la posición de la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño 1 durante un retroceso 30 se encuentre en la dirección de taladrado del agujero hacia el interior más allá de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado. En otras palabras, es preferible que la posición de la arista periférica exterior 33 no se devuelva a una posición capaz de permitir que se aleje exactamente de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado. De esta manera, es posible realizar un taladrado más estable sin que la rotación de la broca de diámetro pequeño 1 se tambalee de lado a lado.
- 15 [0088] Aquí, si la posición de la arista periférica exterior 33 está situada a una distancia separada de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado y tal distancia es más corta que 0,03 veces el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, será imposible inhibir suficientemente la vibración de lado a lado de la broca. Por otro lado, si la distancia indicada arriba es mayor que 1,0 veces el diámetro de broca 2, habrá otro problema por el hecho de que las virutas de corte acumuladas dentro de la ranura 4 no se podrán quitar fácilmente. Por esta razón, es preferible adoptar el intervalo descrito
- 20 anteriormente para el posicionamiento de la posición de la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño 1. Gracias a ello, es posible estabilizar el comportamiento de la broca de diámetro pequeño 1 durante un retroceso 30, evitar una vibración de lado a lado y de este modo mejorar una rectitud.
- [0089] Según el método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención, es preferible que la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño 1 en el intervalo de tiempo sin taladrar sea de al menos 1 m/min y como máximo 4
- 25 m/min. Convencionalmente, cuando el diámetro de la herramienta es grande o la relación L/D no es tan grande, la velocidad de avance de la herramienta es típicamente de 10 m/min a 20 m/min.
- [0090] Sin embargo, durante un proceso de taladrado de agujeros profundos para taladrar un agujero extremadamente profundo que tenga un diámetro de agujero de 1 mm o menos y una profundidad de agujero mayor que 50 veces el diámetro del agujero, si la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño 1 durante el intervalo de tiempo sin taladrar es inferior a 1 m/min, tal velocidad es demasiado lenta, por lo que el período de tiempo para que las virutas de corte entren en
- 30 contacto con la superficie periférica interior del agujero taladrado se hace largo. Como resultado, la superficie periférica interior del agujero taladrado será inaceptable y por lo tanto la eficacia de taladrado será deficiente en vista de una práctica real.
- [0091] Por otro lado, si la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño 1 durante el intervalo de tiempo sin taladrar es mayor que 20 m/min, esta velocidad es demasiado rápida. Como resultado, puesto que la longitud 12 de la sección de cuello 6 de la broca de diámetro pequeño 1 es larga, la herramienta tiende a vibrar, lo que provoca una posibilidad de dañar la superficie periférica interior del agujero taladrado.
- 35 [0092] A continuación, con referencia a la FIG. 25 y la FIG. 26, se dará una descripción de un método de taladrado de agujeros pasantes, que es uno de los métodos de taladrado de agujeros profundos de la presente invención. Normalmente, cuando se taladraba un microagujero pasante usando una broca, era difícil mantener la precisión del taladrado. Particularmente, cuando se requería una precisión de la superficie interior del agujero, era necesario realizar un proceso de escañado después de la perforación, lo cual hace imposible asegurar un taladrado altamente eficiente. Además, cuando el agujero que había que taladrar era un agujero profundo, era imposible taladrar el agujero con una broca.
- 40 [0093] Los inventores de la presente invención también han encontrado las siguientes ventajas. A saber, como se muestra en la FIG. 1, si el diámetro máximo de una porción cónica de diámetro expandido 10 se hace para que sea aproximadamente el mismo que el diámetro de broca 2, al taladrar un agujero pasante, la porción de diámetro expandido 10 no sólo tiene un efecto de guiado sino también un efecto escariador que mejora la precisión del agujero taladrado.
- 45 [0094] En particular, los inventores descubrieron que, si la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10 tiene una forma cilíndrica con un diámetro aproximadamente igual que el diámetro de broca 2 y tiene una cierta longitud en la dirección longitudinal de la broca de diámetro pequeño 1, será posible mejorar adicionalmente la
- 50

precisión de un agujero pasante y permitir que la porción cilíndrica de máximo diámetro actúe como una guía mejorada para la sección de broca 5 durante un proceso de taladrado. En cuanto a la forma de la porción de diámetro expandido 10 que se extiende a la porción de máximo diámetro 18, se pueden seleccionar otros tipos de configuraciones diferentes de las linealmente cónicas, tales como las mostradas en las FIGS. 20 a 22.

5 [0095] En la presente invención, un método de taladrado de microagujeros profundos para el taladrado de microagujeros pasantes profundos con una precisión aceptable emplea una broca de diámetro pequeño 1 que tiene una forma especial mostrada en la FIG. 1, FIG. 23 y FIG. 24. Es decir, la broca de diámetro pequeño 1 tiene una porción de diámetro expandido 10 situada entre la sección de broca 5 y la sección de cuello 6, que contiene una porción de diámetro máximo 18 agrandada hacia la sección de vástago 7 hasta un diámetro que es al menos aproximadamente igual que el diámetro de broca 2.

10 [0096] El método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención se caracteriza por lo siguiente. A saber, el método emplea una broca de diámetro pequeño 1 en el que la longitud de la ranura 11 es al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de la broca 2, y la longitud 12 de la sección de cuello 6 es 10 o más veces el diámetro de broca 2. El taladrado se realiza repitiendo el avance por pasos hasta que al menos la porción de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10 que tiene aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2 de la broca de diámetro pequeño 1, o la porción cilíndrica que tiene aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2, atraviese completamente el agujero taladrado.

15 [0097] Un proceso hasta la etapa intermedia del método de taladrado de la presente invención, como se muestra en la FIG. 25, contiene los pasos (a) → (b) → (c), que se llevan a cabo en un orden tal para cortar en una dirección indicada por las flechas que apuntan hacia abajo en el dibujo cortando continuamente una profundidad de paso predeterminada 41. Cuando se taladra un agujero repitiendo el avance por pasos, la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10, o la porción de diámetro máximo 18 combinada con una porción cilíndrica que tiene el mismo diámetro que la parte de diámetro expandido 10, raspa la superficie interior de un agujero taladrado y este efecto de raspado funciona para mejorar la rugosidad y la precisión de la superficie interior del agujero taladrado. De esta manera, la rugosidad de la superficie interior no se hace deficiente a pesar de que la herramienta pueda estar desgastada y no hay áreas irregulares que se producirían de otro modo por el desgaste.

20 [0098] Por otra parte, la precisión de la superficie interior del agujero se volverá extremadamente buena gracias al efecto de raspado proporcionado por la porción de diámetro máximo 18, por lo que es posible realizar un proceso altamente eficiente de acabado usando sólo la broca de diámetro pequeño 1. Además, como la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención posee la porción de diámetro máximo 18 que tiene aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2, la porción de diámetro máximo 18 también funciona como una guía para el avance por pasos y, por tanto, suprime la vibración de lado a lado de la broca de diámetro pequeño 1 en el agujero taladrado, lo que garantiza una rectitud mejorada del agujero taladrado. Además, al proporcionar una porción de diámetro máximo 18, se evita que las virutas de corte generadas durante un taladrado penetren en la sección de cuello 6 y similares, haciendo así posible mejorar la rectitud del agujero taladrado.

25 [0099] En la FIG. 26(a) se muestra el estado de la etapa final del taladrado de un agujero pasante utilizando el método de la presente invención y en la figura 26(b) se muestra una técnica anterior que muestra la etapa final del taladrado de un agujero pasante. Con un método convencional de taladrado de un agujero pasante, la longitud de penetración 39 de la broca de diámetro pequeño 1 se define como la longitud que la punta de la broca sobresale de la pieza de trabajo, y es suficiente siempre y cuando la punta de la broca se extienda un poco más que la profundidad del agujero, como se muestra en la FIG. 26(b).

30 [0100] En la realización del método de taladrado de la presente invención, se hace penetrar la broca de diámetro pequeño 1 intencionadamente más profundamente que la profundidad del agujero hasta que la porción de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10 dispuesta detrás de la sección de broca 5 salga completamente por la salida 38 del agujero taladrado. A saber, como se muestra en la FIG. 26(a), cuando se utiliza el método de la presente invención, se lleva a cabo un taladrado hasta que la porción de diámetro máximo 18 de una porción de diámetro expandido 10 que tiene una parte cónica cuyo diámetro se ha ampliado hacia la sección de vástago 7 hasta el mismo diámetro que el diámetro de broca 2, sale del agujero taladrado. Así, un proceso de taladrado según la presente invención significa un proceso que dura hasta esta etapa.

35 [0101] Por lo tanto, como se muestra en la FIG. 26(a), la longitud de penetración 39 de la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención es considerablemente mayor que en el método convencional de taladrado, en virtud de un efecto sinérgico producido por una característica de la forma de la broca de diámetro pequeño 1 y una característica del método de taladrado de la presente invención, el método de taladrado de la presente invención pudiendo proporcionar una precisión de la superficie interior del agujero excelente sobre toda la superficie interior desde la entrada 37 hasta la salida 38 del agujero

pasante, y es capaz de asegurar una excelente linealidad para el agujero taladrado, aunque sea un agujero pasante bajo una condición severa donde el diámetro del agujero taladrado sea de 1 mm o menos y la profundidad sea de 10 o más veces el diámetro del agujero taladrado. Este efecto se muestra en la FIG. 26(a) como una superficie interior 43 obtenida en virtud de la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10.

5 [0102] En la presente invención, cuando el taladrado se realiza mediante la repetición del avance por pasos, la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10, que sirve como medio para mejorar la precisión de un agujero pasante, raspa la superficie interior del agujero taladrado. De hecho, el efecto de raspado mejora la rugosidad y la precisión de la superficie interior del agujero taladrado, haciendo así posible la obtención de una superficie interior altamente precisa sobre toda la superficie interior del agujero taladrado desde la entrada hasta la salida del agujero taladrado, al igual que la superficie interior 43. Además, puesto que la porción de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10 raspa la superficie interior del agujero, la rugosidad de la superficie interior del agujero no se vuelve deficiente a pesar de que la herramienta pueda desgastarse y no se produce una irregularidad que se produciría de otro modo debido a la influencia del desgaste.

10 [0103] Además, en virtud del efecto de raspado producido por la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10, la precisión de la superficie interior del agujero se vuelve extremadamente buena, lo que hace posible la realización de un proceso altamente eficiente de acabado usando sólo la broca de diámetro pequeño 1. En otras palabras, no hay necesidad de realizar un proceso de escañado después del proceso de taladrado, que se necesitaría de otro modo en un proceso de taladrado convencional.

15 [0104] En la presente invención, una broca de diámetro pequeño 1 utilizada en el taladrado de agujeros tiene medios para mejorar la precisión del agujero pasante. Estos medios para mejorar la precisión del agujero pasante pueden proporcionar un efecto de raspado y también sirven de guía para el avance por pasos en virtud de una porción de diámetro expandido 10 que tiene aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2. De esta manera, se hace posible reducir al mínimo la vibración de lado a lado de la broca de diámetro pequeño 1 en un agujero taladrado, mejorando así la rectitud del agujero pasante.

20 [0105] Por otro lado, como se muestra en la FIG. 26(b), si un método de taladrado convencional emplea la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención, aunque la primera mitad del proceso de taladrado pueda obtener una superficie interior 43 que refleje una ventaja proporcionada por la porción de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10, la otra superficie interior 44 no podrá obtener la misma ventaja proporcionada por la porción de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10.

25 [0106] En la presente invención, "microagujero profundo" significa un agujero pasante que tiene un diámetro de 1 mm o menos, y una profundidad de 10 o más veces el diámetro del agujero, especialmente una profundidad de 15 o más veces el diámetro del agujero. Para este tipo de microagujero profundo, es particularmente importante que la precisión se mantenga durante el taladrado, por lo que es preferible que el taladrado se realice guiando la broca de diámetro pequeño 1 mediante un agujero guía previamente formado. Aquí, el agujero guía previamente formado sirve para controlar la dirección axial de la broca de diámetro pequeño 1, de modo que la posición del centro del agujero taladrado no pueda desviarse.

30 [0107] Es decir, otro método de taladrado de microagujeros profundos de la presente invención es un método de taladrado de microagujeros profundos en el que un agujero guía previamente formado guía una broca de diámetro pequeño 1 en el taladrado de un agujero pasante que tiene un diámetro de agujero de 1 mm o menos, y una profundidad de 10 o más veces el diámetro del agujero. La broca de diámetro pequeño 1 utilizada en el método de la presente invención tiene las siguientes características. Es decir, la broca de diámetro pequeño 1 tiene una porción de diámetro expandido 10 que se expande en la dirección hacia la sección de vástago 7 y está situada entre el extremo posterior de la sección de broca 5 y la sección de cuello 6, con un diámetro máximo que es aproximadamente el mismo que el diámetro de broca 2. Además, la broca de diámetro pequeño 1 tiene una longitud de ranura 11 de al menos 5 veces y como máximo 10 el diámetro de broca 2 y la sección de cuello 6 tiene una longitud que es al menos 10 veces el diámetro de broca 2. El taladrado se realiza repitiendo el avance por pasos por lo menos hasta que la parte de diámetro máximo 18 de la porción de diámetro expandido 10 que tiene aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2 penetre completamente a través del agujero taladrado.

35 [0108] Preferiblemente, la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10 tiene una forma cilíndrica cuyo diámetro es aproximadamente el mismo que el diámetro máximo de esa porción de diámetro expandido y tiene una cierta longitud en la dirección longitudinal de la broca de diámetro pequeño 1. Esto es porque tal disposición es la más adecuada para mejorar aún más la precisión de un agujero pasante y también puede servir como un medio de guiado mejorado durante un taladrado.

[0109] Por lo tanto, otro método de taladrado según la presente invención es un método de taladrado de microagujeros profundos en el que se utiliza una broca de diámetro pequeño 1 para taladrar un agujero pasante que tiene un diámetro de agujero de 1 mm o menos y una profundidad de 10 o más veces el diámetro del agujero. La broca de diámetro pequeño 1 tiene, entre la sección de broca 5 y la sección de cuello 6, una parte cónica que contiene una porción de diámetro máximo 18 5
18 agrandada hacia la sección de vástago 7 hasta aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2, y una porción de diámetro expandido 10 que comprende una porción cilíndrica que tiene un diámetro que es el mismo que el diámetro máximo. Además, la broca de diámetro pequeño 1, que tiene una longitud de ranura 11 de al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca 2 y la sección de cuello 6 que tiene una longitud 12, que es 10 o más veces el diámetro de broca 2, se utiliza para taladrar un agujero repitiendo el avance por pasos por lo menos hasta que la porción de máximo diámetro 18 de la porción de diámetro expandido 10 que tiene un diámetro que es aproximadamente el mismo que el diámetro de broca 2, o la porción cilíndrica que tiene un diámetro que es aproximadamente el mismo que el diámetro de broca 2, atraviese completamente el agujero taladrado.

[0110] Incluso cuando se utiliza el método anterior, la broca de diámetro pequeño 1 es guiada por un agujero de guía preformado. De hecho, el método de la presente invención es particularmente adecuado para el taladrado de un agujero profundo pasante que tenga una relación L/D de 30 o más. 15

[0111] Además, es preferible que la longitud de la parte cilíndrica que está conectada con la porción de diámetro máximo 18 que tiene aproximadamente el mismo diámetro que el diámetro de broca 2 y que tiene el máximo diámetro sea 2 veces o menos el diámetro de broca 2. Si la longitud es mayor que 2 veces, la resistencia de corte durante el proceso de corte será grande.

[0112] Además, cuando se taladra un agujero en un acero de alta resistencia dúctil tal como acero inoxidable, es preferible que el ángulo helicoidal de la ranura 4 sea de entre 30 y 40 grados. Cuando se taladra un agujero en una aleación dúctil de baja resistencia tal como una aleación de aluminio o aleación de cobre, el ángulo helicoidal de la ranura 4 debe ser de entre 40 y 50 grados. De esta manera, como es posible reducir un par de corte en virtud de estos ángulos helicoidales, se puede impedir el problema de que la broca de diámetro pequeño 1 se doble y la sección de broca 5 o la sección de cuello 6 entre en contacto con la superficie periférica interior del agujero taladrado, y por lo tanto se produzca una fluctuación en el par de corte y se cause un deterioro en la rectitud del agujero taladrado. 20
25

[0113] Preferiblemente, el espesor del alma de la ranura 4 es entre 40% y 50% el diámetro de broca 2 en vista de la rigidez. Por lo tanto, la broca de diámetro pequeño 1 de la presente invención se puede utilizar sin ningún tipo de rotura, incluso cuando la cantidad de avance por pasos sea cada vez de 15% o mayor. A continuación, la presente invención se explicará con mayor detalle basándose en los ejemplos especificados. 30

[Formas de realización]

[0114] Ahora se dará una descripción para explicar el Ejemplo 1, que evalúa la rectitud como un efecto básico de la presente invención.

(Ejemplo 1)

[0115] Como ejemplos de la presente invención y ejemplos comparativos, cada broca estaba provista de dos filos de corte, teniendo un diámetro de broca de 0,2 mm, un ángulo helicoidal de la ranura de 30 grados, un espesor de la hoja de 0,07 mm (35% del diámetro de broca), un diámetro del vástago de 3 mm, y una longitud de la sección de broca 5 de 1,1 mm. En la Tabla 1 se muestran varios parámetros, incluyendo la longitud de ranura, la reducción de diámetro del diámetro exterior (cantidad de conicidad invertida), el diámetro exterior en el extremo de la ranura y el diámetro máximo de las porciones de diámetro expandido directamente estrechadas. En la Tabla 1, la longitud de ranura, el diámetro exterior en el extremo de la ranura y el diámetro máximo de la porción de diámetro expandido directamente estrechada se expresan cada uno como una relación con respecto al diámetro de la broca. El material base para cada broca es un carburo cementado de grano ultrafino en el que el tamaño medio de partículas de WC es de 0,6 μm o menos y el contenido de Co es 13% en peso, con la sección de broca y la sección de cuello estando cubiertas con un revestimiento de AlCrN. 35
40

[0116] Como condición de prueba, se preparó un bloque rectangular SUS304 como pieza de trabajo, con una de las superficies rectangulares sirviendo como superficie de referencia. Se realizó una operación de taladrado de un agujero de tal manera que la dirección de la profundidad del agujero taladrado fuera paralela a la superficie de referencia. Entonces, se utilizó un centro de mecanizado de tipo vertical para taladrar 50 agujeros pasantes con las condiciones de corte siendo: número de revoluciones 24.000 min^{-1} (velocidad de corte de aproximadamente 15 m/min), cantidad de avance por revolución: 0,002 mm/revolución, cantidad de paso cada vez: 0,03 mm (15% del diámetro de la broca), profundidad del 50

agujero: 8 mm (40 veces el diámetro de la broca). Se suministró aceite de corte hidrosoluble desde el exterior como refrigerante. Además, en el momento del taladrado, se formó previamente un agujero guía aproximadamente semiesférico teniendo un diámetro de 0,2 mm y una profundidad de 0,2 mm en la pieza de trabajo.

5 [0117] Como método de evaluación, se cortó una pieza de trabajo en la posición de un agujero taladrado después de taladrar, en paralelo con la superficie de referencia. Posteriormente, se midió la distancia de la superficie de referencia a la superficie periférica interior del agujero taladrado en 5 puntos en la dirección de la profundidad del agujero taladrado, adoptando la diferencia entre un valor máximo y un valor mínimo de las distancias medidas como una rectitud. Entonces se calculó la rectitud media a partir de la rectitud del 10º agujero, el 30º agujero y el 50º agujero respectivamente, con los resultados mostrados en la Tabla 1.

10 [0118]

[Tabla 1]

Número de muestra	Longitud de ranura (veces)	Reducción de diámetro (cantidad de conicidad invertida (/100mm))	Diámetro exterior del extremo de ranura (veces)	Diámetro máximo (veces)	Rectitud media (µm)	
Ejemplos de la invención	A1	10	1,0	0,90	0,99	8,0
	A2	10	1,0	0,95	0,99	8,0
	A3	10	1,0	0,98	0,99	10,0
	A4	5	1,0	0,95	0,99	6,0
	A5	7	2,0	0,95	0,99	6,0
	A6	9	2,0	0,95	0,99	8,0
	A7	10	2,0	0,95	1,00	7,0
	A8	10	2,0	0,98	1,00	9,0
Ejemplos comparativos	A9	3	2,0	0,95	0,99	-
	A10	10	1,0	0,87	0,99	15,0
	A11	10	1,0	0,95	0,95	17,0
	A12	10	1,0	0,95	0,92	20,0
	A13	10	1,0	1,00	0,99	12,0
	A14	11	1,0	0,95	0,99	16,0

[0119] Como resultado, los ejemplos A1 a A8 de la presente invención se llevaron a cabo en un máximo de 50 agujeros, la rectitud de todos ellos fue de 10 μm o menos y por lo tanto aceptable, con menos virutas de corte atrapadas, realizando de ese modo un taladrado de agujeros profundos estabilizado. En particular, los ejemplos A4 y A5 de la presente invención que tenían una longitud de ranura de 5 a 7 veces el diámetro de la broca, y el ejemplo A7 de la presente invención que tenía una gran conicidad y un diámetro máximo se consideraron aceptables ya que exhiben una rectitud aceptable de menos de 8 μm . Por otro lado en el ejemplo comparativo A9, cuya longitud de ranura fue 3 veces el diámetro de broca, la broca se rompió justo antes de llegar a una profundidad de 0,1 mm en el primer agujero taladrado. Además, en los ejemplos comparativos A10 a A14, se taladraron 50 agujeros, pero la rectitud de todos ellos superó los 10 μm y por lo tanto resultaron inaceptables.

[0120] Los ejemplos 2 y 3 muestran los resultados de las evaluaciones de los efectos de las porciones guías.

(Ejemplo 2)

[0121] Como ejemplos de la presente invención y ejemplos comparativos, cada broca estaba provista de dos filos de corte, teniendo un diámetro de broca de 0,2 mm, una sección de broca de 1,1 mm, una longitud de la sección de cuello de 9,0 mm, una longitud total de 40 mm, un ángulo helicoidal de ranura de 30 grados, un espesor de hoja de 0,07 mm (35% del diámetro de la broca), un diámetro del vástago de 3 mm, y una porción de guía situada a 2,0 mm del filo de corte de la sección de cuello. Se prepararon varias muestras con diferentes diámetros de la sección de cuello, diámetros exteriores de las porciones guías, longitudes de las porciones guías, longitudes de ranura, reducciones del diámetro exterior (cantidad de conicidad posterior), diámetros exteriores de los extremos de las ranuras y diámetros máximos de las porciones de diámetro expandido directamente estrechadas, como se muestran en la Tabla 1. El material base para cada broca es un carburo cementado de grano ultrafino en el que el tamaño medio de partículas de WC fue de 0,6 μm o menos y el contenido de Co fue de 13% en peso, con la sección de broca y la sección de cuello estando cubiertas con un revestimiento de AlCrN.

[0122] Como condición de prueba, se preparó un bloque rectangular SUS304 como pieza de trabajo, con una de las superficies rectangulares sirviendo como superficie de referencia. Se realizó una operación de taladrado de un agujero de tal manera que la dirección de la profundidad del agujero taladrado fuera paralela a la superficie de referencia. Entonces, se utilizó un centro de mecanizado de tipo vertical para taladrar 30 agujeros pasantes con las condiciones de corte siendo: número de revoluciones 15.000 min^{-1} (velocidad de corte de aproximadamente 9,4 m/min), cantidad de avance por revolución: 0,002 mm/revolución, cantidad de paso cada vez: 0,02 mm (10% del diámetro de la broca), profundidad del agujero: 8 mm (50 veces el diámetro de la broca). Se suministró aceite de corte hidrosoluble desde el exterior como refrigerante. Además, en el momento del taladrado, se formó previamente un agujero guía aproximadamente semiesférico teniendo un diámetro de 0,2 mm y una profundidad de 0,2 mm en la pieza de trabajo.

[0123] Para la evaluación se utilizó un microscopio óptico para medir la precisión de posicionamiento y el diámetro de agujero medio del agujero guía. Además, el microscopio óptico también se utilizó para medir, desde el lado frontal y el lado posterior, una distancia de coordenadas desde la superficie de referencia de una pieza de trabajo, de tal manera que se midiera la desviación de la posición del centro del agujero taladrado, obteniendo de este modo la rectitud del agujero taladrado. Los resultados de la medición se muestran en la Tabla 2.

[0124]

[Tabla 2]

Número de muestra	Diámetro exterior de sección de cuello (mm)	Diámetro exterior de porción guía (mm)	Longitud de porción guía (mm)	Longitud de ranura (veces)	Cantidad de conicidad invertida (/100mm)	Diámetro exterior del extremo de ranura (mm)	Diámetro máximo (mm)	Rectitud media (μm)	
Ejemplos de la invención	B1	0,170	0,198	0,30	1,9	1,1	0,190	0,199	9
	B2	0,180	0,197	0,29	2,0	1,0	0,190	0,198	8
	B3	0,196	0,198	0,29	2,1	1,1	0,188	0,198	7
	B4	0,190	0,196	0,30	2,0	1,0	0,190	0,198	8
	B5	0,191	0,200	0,31	2,0	1,0	0,191	0,199	6
	B6	0,188	0,198	0,04	2,0	1,1	0,190	0,199	9
	B7	0,190	0,196	0,10	2,1	1,0	0,190	0,198	8
	B8	0,188	0,198	0,20	2,1	1,0	0,189	0,199	7
	B9	0,189	0,198	0,35	2,0	1,0	0,189	0,198	6
	B10	0,191	0,198	0,40	2,0	1,2	0,190	0,198	8
	B11	0,190	0,197	0,30	1,9	1,1	0,180	0,200	8
	B12	0,189	0,197	0,31	2,0	1,0	0,190	0,198	8
	B13	0,191	0,198	0,30	2,0	1,0	0,196	0,199	10
	B14	0,190	0,198	0,29	1,0	1,1	0,190	0,198	6
	B15	0,190	0,198	0,30	1,4	2,0	0,191	0,200	6
	B16	0,191	0,199	0,30	1,8	2,0	0,188	0,198	8
	B17	0,190	0,198	0,29	2,0	2,1	0,190	0,200	7
	B18	0,189	0,198	0,30	2,0	2,0	0,196	0,200	9

(continuación)

Número de muestra	Diámetro exterior de sección de cuello (mm)	Diámetro exterior de porción guía (mm)	Longitud de porción guía (mm)	Longitud de ranura (veces)	Cantidad de conicidad invertida (/100mm)	Diámetro exterior del extremo de ranura (mm)	Diámetro máximo (mm)	Rectitud media (μm)	
Ejemplos comparativos	B19	0,165	0,197	0,30	2,0	1,0	0,188	0,198	20
	B20	0,198	0,198	0,31	1,9	1,1	0,189	0,198	-
	B21	0,189	0,194	0,30	2,1	1,1	0,191	0,199	18
	B22	0,191	0,205	0,30	1,9	1,0	0,190	0,199	-
	B23	0,190	0,198	0,03	2,0	1,2	0,190	0,198	18
	B24	0,189	0,199	0,45	2,0	1,0	0,190	0,198	18
	B25	0,190	0,198	0,29	0,6	2,0	0,191	0,200	-
	B26	0,190	0,198	0,29	2,0	1,0	0,174	0,198	15
	B27	0,191	0,198	0,30	2,0	1,0	0,190	0,190	17
	B28	0,188	0,197	0,30	1,9	1,0	0,190	0,184	20
	B29	0,190	0,199	0,31	2,0	1,1	0,189	0,198	16

[0125] En consecuencia, los ejemplos B1 a B18 de la presente invención se llevaron a cabo en un máximo de 30 agujeros. En virtud de las formas de la broca formadas según la presente invención, la invención fue capaz de hacer que las virutas de corte permanecieran dentro de la ranura para evitar que las virutas penetraran en la sección de cuello. Particularmente, en cuanto a la rectitud, la invención fue capaz de realizar un taladrado de agujeros con una rectitud aceptable de 10 μm o menos. Además, el ejemplo B3 de la presente invención teniendo un diámetro exterior de cuello de 0,196 mm tuvo una alta rigidez y por lo tanto una rectitud aceptable de 7 μm . El ejemplo B5 de la presente invención teniendo un diámetro exterior de porción guía de 0,2 mm proporciona un elevado efecto de guiado y por lo tanto una rectitud aceptable de 6 μm . Además, el ejemplo B9 de la presente invención teniendo una longitud de porción guía de 0,35 mm proporciona un elevado efecto de guiado y por lo tanto una rectitud aceptable de 6 μm .

[0126] Por otra parte, en el ejemplo comparativo B19 la broca tenía una rigidez deficiente debido a un diámetro exterior pequeño del cuello y por lo tanto una rectitud inaceptable de 20 μm . En el ejemplo comparativo B20, la broca se rompió cerca de una profundidad del agujero taladrado de 2,0 mm en el primer agujero. Se puede comprobar que una broca se rompió debido a un diámetro exterior grande del cuello que hizo que la sección de cuello chocara contra un agujero taladrado produciendo un aumento de la resistencia de corte. En el ejemplo comparativo B21, como el diámetro exterior de la porción guía era pequeño y por lo tanto el efecto de guiado no era suficiente, se obtuvo una rectitud de hasta 18 μm . En el ejemplo comparativo B22, la broca se rompió a una profundidad del agujero taladrado de 1,1 mm, es decir, una posición en la que la porción guía estaba a punto de entrar en el agujero taladrado. Esto fue probablemente debido a un diámetro exterior de la porción guía grande que generó una resistencia de corte grande en la porción guía.

[0127] En el ejemplo comparativo B23, como la porción guía era corta, el efecto de guiado no fue suficiente y por lo tanto la rectitud es indeseablemente de hasta 18 μm . Al observar la broca que se había usado, se encontró que se estaba produciendo el astillado en la porción guía. Por otra parte, en el ejemplo comparativo B24, la porción guía era demasiado larga, siendo la rectitud todavía indeseablemente de hasta 18 μm . Esto es quizás porque se produjo una vibración debido a una mayor resistencia al corte en la porción guía. En el ejemplo comparativo B25, como la longitud de la ranura era de solo 0,6 mm, las virutas de corte generadas en un solo paso se atascaron en la ranura y la propia broca se rompió en una

posición cerca de una profundidad del agujero taladrado de 0,22 mm. En los ejemplos comparativos B26 a 829, se encontró que las virutas de corte no permanecían dentro de la ranura y la rectitud superó 10 μm y por lo tanto resulta inaceptable.

(Ejemplo 3)

5 [0128] A continuación, utilizando las mismas especificaciones que en el ejemplo B5 de la presente invención, se realizaron varias muestras con la longitud de la porción de cuello siendo de 15 mm, una longitud total de 50 mm, y diferentes intervalos de porción guía. Como condiciones de prueba, se taladraron agujeros pasantes con una profundidad de agujero taladrado de 10 mm (80 veces el diámetro de la broca), siendo las otras condiciones las mismas que en el ejemplo 2. Los puntos de evaluación son los mismos que en el ejemplo 2. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

[0129]

[Tabla 3]

Número de muestra	Díámetro exterior de sección de cuello (mm)	Díámetro exterior de porción guía (mm)	Longitud de porción guía (mm)	Intervalo de porción guía (mm)	Longitud de ranura (mm)	Cantidad de conicidad posterior (/100 mm)	Díámetro exterior del extremo de la ranura (mm)	Díámetro máximo (mm)	Rectitudes medias (μm)
Ejemplos de la invención	B30	0,199	0,29	1,0	2,1	1,0	0,190	0,198	8
	B31	0,191	0,30	1,6	2,1	1,1	0,190	0,198	7
	B32	0,190	0,31	2,0	2,0	1,0	0,188	0,200	8
Ejemplos comparativos	B33	0,189	0,29	0,60	2,1	1,0	0,191	0,198	15
	B34	0,191	0,29	0,80	2,0	1,0	0,190	0,200	13
	B35	0,190	0,30	2,20	2,0	1,2	0,191	0,199	14
	B36	0,189	0,30	2,50	2,1	1,1	0,191	0,198	18

[0130] Como resultado, en los ejemplos B30 a B32 de la presente invención que tienen intervalos de porciones guías de entre 1,0 mm y 2,0 mm, la operación de taladrado de agujeros con una rectitud aceptable de 10 μm o menos se basó satisfactoriamente en el efecto de las porciones guías proporcionadas en la sección de cuello.

5 [0131] Por otra parte, los ejemplos comparativos B33 y B34 no pudieron producir una rectitud adecuada. Esto es quizás porque un intervalo de porciones guías pequeño provoca un aumento en la resistencia de corte, lo que produce una vibración e impide obtener una rectitud deseada. En los ejemplos comparativos B35 y B36, como los intervalos de las porciones guías eran demasiado grandes, se perjudicó la rectitud antes de que la próxima porción guía entrara en un agujero taladrado, impidiendo, por lo tanto, obtener una rectitud aceptable.

10 [0132] En los ejemplos 4, 5, 6 y 7 se explican otros ejemplos del método de taladrado de microagujeros profundos para determinar un agujero guía óptimo.

(Ejemplo 4)

15 [0133] Como ejemplo C1 de la presente invención y ejemplos convencionales C2 a C4, se preparó una fresa de extremo esférico para taladrar un agujero guía en el ejemplo C1 de la presente invención, incluyendo dos filos de corte, teniendo un diámetro de filo de corte de 0,2 mm, un filo de corte esférico y un filo de corte periférico exterior. Concretamente, la longitud del filo de corte del filo de corte periférico exterior era de 0,4 mm, el ángulo de incidencia del filo de corte periférico exterior era de 15 grados y el diámetro exterior del vástago era de 4 mm. Luego, se prepararon tres tipos de brocas para taladrar los agujeros guías en los ejemplos convencionales C2 a C4 incluyendo dos filos de corte y teniendo un diámetro del filo de corte de 0,2 mm, una longitud de la ranura de 0,4 mm y un diámetro exterior del vástago de 4 mm, con los ángulos de la punta 16 siendo 30°, 140° y 150°.

20 [0134] El material base para la fresa de extremo esférico y la broca para taladrar un agujero contenía 8% en peso de Co, con un tamaño promedio de partícula de WC siendo de 0,4 a 0,6 μm , y la porción de filo de corte o la porción de ranura revestida con una película de TiAlN teniendo un grosor de 2 μm . Además, la broca de diámetro pequeño para taladrar microagujeros profundos tenía dos filos de corte, un diámetro de broca de 0,2 mm, un ángulo helicoidal de la ranura de 30 grados, un grosor de hoja de 0,07 mm (35% del diámetro de la broca) y un diámetro exterior del vástago de 3 mm, aquí, la longitud de ranura 16 era de 1,0 mm, la cantidad de conicidad era de 0,5/100 mm, el diámetro de cuello era de 0,185 mm, la longitud de extensión 17 empezando desde el extremo del cuello era de 4,3 mm y el ángulo de la punta 16 era de 140°.

30 [0135] En el ejemplo C1 de la presente invención, la fresa de extremo esférico descrita anteriormente se utilizó para formar un agujero guía con un diámetro de agujero de 0,2 mm, una profundidad de 0,2 mm y una superficie inferior teniendo una forma aproximadamente semiesférica. Luego, se utilizó la broca de diámetro pequeño que se muestra en la FIG. 17 para taladrar un agujero repitiendo el avance por pasos. En los ejemplos convencionales C2 a C4, se utilizaron diversas brocas para taladrar agujeros guías teniendo ángulos de punta de 130° a 150° para taladrar los agujeros guías como en el ejemplo C1 de la presente invención, efectuando así el mismo proceso de taladrado.

35 [0136] Como condiciones de prueba, se taladraron agujeros guías seguidos con una separación de 0,25 mm entre las posiciones de los agujeros en una superficie de un bloque SUS316 utilizado como pieza de trabajo. Luego se utilizó una broca de diámetro pequeño para taladrar microagujeros profundos con un diámetro de agujero de 0,2 mm y una profundidad de 4 mm, es decir, con la profundidad del agujero siendo 20 veces el diámetro de la broca de diámetro pequeño. Aquí, la fresa de extremo esférico, la broca y la broca de diámetro pequeño se utilizaron todas para realizar un corte en mojado, con el número de revoluciones siendo de 25.000 min^{-1} , la velocidad de avance 50 mm/min, y la cantidad de paso del avance por pasos de 0,02 mm/paso.

40 [0137] Además, se estableció una velocidad de avance durante el intervalo de tiempo en el que la broca de diámetro pequeño está sin taladrar de 15 m/min para todas las muestras. En esta prueba, tanto el ejemplo de la presente invención como los ejemplos convencionales se realizaron repitiendo un avance por pasos en una posición en la que la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño durante un retroceso 30 se situó a 0,1 mm de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado en la dirección positiva de manera que la posición de la arista 33 pudiera alejarse de forma segura.

45 [0138] Para la evaluación, se utilizó un microscopio óptico para medir el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros y el diámetro de agujero medio. Además, se midió la rectitud utilizando un microscopio óptico para medir desde la parte delantera y la parte trasera, distancias de las coordenadas desde una superficie de referencia de una pieza de trabajo, seguido de la detección de la desviación de la posición del centro del agujero taladrado. Además, se registró el número de agujeros taladrados en el momento en el que se produjo un astillado o rotura de la broca de pequeño diámetro guiada por el

agujero guía. Se terminó el taladrado cuando se taladraron hasta 200 agujeros de forma estable. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

[0139]

[Tabla 4]

Número de muestra		Ángulo de la punta de la broca del agujero guía (°)	Diámetro medio de los agujeros	Intervalo medio entre las posiciones de los agujeros	Rectitud	Número de agujeros taladrados	Observaciones
			(mm)	(mm)	(mm)	(agujeros)	
Ejemplos de la invención	C1	---	0.203	0.254	0.005	200	200 agujeros sin rotura
	C2	130	0.220	0.280	0.020	49	La rotura se produjo en el 50° agujero
	C3	140	0.218	0.275	0.018	61	La rotura se produjo en el 62° agujero
Ejemplos comparativos	C4	150	0.230	0.300	0.023	29	La rotura se produjo en el 30° agujero

5

[0140] Como resultado, cuando se formaron los agujeros guías utilizando la fresa de extremo esférico del ejemplo C1 de la presente invención, la broca de diámetro pequeño pudo taladrar de forma estable hasta 200 agujeros, obteniendo precisiones aceptables para los microagujeros profundos taladrados, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,203 mm, el intervalo promedio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,254 mm, y la rectitud fue de 0,005 mm. Esto se puede explicar por lo siguiente. A saber, como la precisión de posicionamiento y la precisión del agujero en el momento de formar los agujeros guías son muy buenas, y dado que la superficie inferior del agujero guía se forma aproximadamente semiesférica, el taladrado se realiza gradualmente desde la entrada del agujero hacia el centro del mismo sin depender del ángulo de apertura de la broca de diámetro pequeño, y luego la porción de punta de la broca entra en contacto con y se fija en el centro, garantizando así un taladrado estabilizado.

10

[0141] En cuanto a los agujeros guías formados en el ejemplo convencional C2 utilizando una broca para agujeros guías, la broca de diámetro pequeño se rompió en el agujero 50°, causando una precisión considerablemente desviada en los agujeros taladrados, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,220 mm, el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,280 mm, la rectitud fue de 0,020 mm. Esto es quizás porque la precisión en el posicionamiento y la precisión del agujero de los agujeros guías son deficientes cuando se forman los agujeros guías. Además, se puede considerar que, como el ángulo de apertura formado como agujero guía es de 130° y el ángulo de la punta de la broca de diámetro pequeño es de 140°, la porción de la punta de la broca no puede entrar en contacto con el fondo del agujero haciendo que la broca vibre de lado a lado y produzca así una precisión de diámetro de agujero inaceptable, provocando con ello la posibilidad de romper la broca de diámetro pequeño.

20

[0142] En cuanto a los agujeros guías formados en el ejemplo convencional C3 utilizando una broca para agujeros guías, la broca de diámetro pequeño se rompió en el 62° agujero, causando una precisión considerablemente desviada en los agujeros taladrados, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,218 mm, el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,275 mm, la rectitud fue de 0,018 mm. Esto se puede explicar por lo siguiente. A saber, como el ángulo de apertura formado como agujero guía es de 140° y el ángulo de la punta de la broca de diámetro pequeño es también de 140°, y como el tamaño de la herramienta es pequeño, la resistencia de corte aumenta demasiado durante la acción de

25

penetración de la broca, provocando fácilmente su vibración y con ello una precisión inaceptable, que conlleva finalmente a la posibilidad de dañar la broca de diámetro pequeño.

5 [0143] En cuanto a los agujeros guías formados en el ejemplo convencional C4 utilizando una broca para agujeros guías, la broca de diámetro pequeño se rompió en el 30° agujero, causando una precisión considerablemente desviada en los agujeros taladrados, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,230 mm, el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,300 mm y la rectitud fue de 0,023 mm.

10 [0144] Esto es quizás porque la precisión en el posicionamiento y la precisión del agujero de los agujeros guías son deficientes cuando se forman los agujeros guías. Además, como el ángulo de abertura formado como agujero guía es de 150° y el ángulo de la punta de la broca de diámetro pequeño es de 140°, la porción de la punta de la broca pasa a través del agujero y entra en contacto con el fondo del agujero. Intrínsecamente, se supone que una broca que tenga un diámetro de broca grande es estable durante un proceso de taladrado. Sin embargo, como la rigidez de la broca no es suficiente cuando se utiliza una broca para microagujeros profundos, la broca vibra mucho y esto podría conducir a una rotura en el lugar donde el diámetro de la broca se hace grande.

(Ejemplo 5)

15 [0145] A continuación, como ejemplos C5 a C8 de la presente invención y ejemplos comparativos C9 y C10, se realizó una prueba para optimizar los diámetros de los agujeros guías con respecto al diámetro de la broca. Como método de prueba se utilizaron las mismas especificaciones que en el ejemplo C1 de la presente invención para hacer seis muestras diferentes tales que los diámetros del filo de corte de las fresas de extremo esférico para formar agujeros guías eran de 0,17 mm - 0,22 mm, es decir, los diámetros de los agujeros guías fueron 0,85 - 1,1 veces el diámetro de la broca. Entonces, el taladrado y la
20 evaluación se realizaron de la misma manera que en el ejemplo 4. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

[0146]

[Tabla 5]

Número de muestra	Diámetro del filo de corte de la fresa de extremo esférico (mm)	Diámetro de los agujeros guías		Diámetro de los agujeros guías/ diámetro de la broca de diámetro pequeño (relación)	Diámetro medio de los agujeros (mm)	Intervalo medio entre las posiciones de los agujeros (mm)	Rectitud (mm)	Número de agujeros taladrados (agujeros)	Observaciones
		(mm)	(mm)						
Ejemplos de la invención	C5	0,18	0,18	0,90	0,205	0,254	0,005	200	200 agujeros sin rotura
	C6	0,19	0,19	0,95	0,203	0,255	0,005	200	
	C7	0,20	0,20	1,00	0,203	0,254	0,005	200	
	C8	0,21	0,21	1,05	0,204	0,255	0,006	200	
Ejemplos comparativos	C9	0,17	0,17	0,85	0,212	0,013	0,013	79	La rotura se produjo en el 80° agujero
	C10	0,22	0,22	1,10	0,214	0,014	0,014	94	La rotura se produjo en el 95° agujero

[0147] La Tabla 5 muestra que los ejemplos C5 a C8 de la presente invención fueron capaces de taladrar hasta 200 agujeros de forma estable, con una precisión de agujero aceptable, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,210 mm o menos y el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,260 mm o menos.

5 [0148] En el ejemplo comparativo C9, como el diámetro del agujero guía era pequeño, la carga en la broca llegó a ser demasiado grande, haciendo que la broca se doblara. Como resultado, los agujeros no pudieron taladrarse de forma estable y la broca de diámetro pequeño se rompió cuando se taladraba el 80º agujero. Por otro lado, el ejemplo comparativo C10 se puede explicar por lo siguiente. A saber, como el diámetro del agujero guía es grande, se produce un espacio demasiado grande entre la pared interior del agujero guía y la broca que hay que utilizar en un paso siguiente, haciendo que la broca se encuentre en una condición inestable, provocando que las virutas de corte penetren en la sección del cuello y que la broca se rompa en 95 agujeros.

(Ejemplo 6)

15 [0149] A continuación, como ejemplos C11 a C13 de la presente invención y ejemplos comparativos C14 y C15, se realizó una prueba para optimizar la profundidad del agujero guía. Como método de prueba se utilizó una fresa de extremo esférico para formar agujeros guías con las mismas especificaciones que el ejemplo C1 de la presente invención para formar agujeros guías con una profundidad que variaba entre un mínimo de 0,1 mm y un máximo de 0,42 mm, es decir, la profundidad del agujero guía era de al menos 0,5 veces y como máximo 2,1 veces el diámetro de broca de la broca de diámetro pequeño. Entonces se realizaron el mismo taladrado y la misma evaluación que en el ejemplo 4. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

[0150]

20 [Tabla 6]

Número de muestra		Profundidad de los agujeros guías	Profundidad de los agujeros guías/ diámetro de la broca de diámetro pequeño (relación)	Diámetro medio de los agujeros	Intervalo medio entre las posiciones de los agujeros	Rectitud	Número de agujeros taladrados finales	Observaciones
		(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(agujeros)	
Ejemplos de la invención	C11	0,12	0,6	0,205	0,257	0,007	200	200 agujeros sin rotura
	C12	0,30	1,5	0,202	0,254	0,004	200	
	C13	0,40	2,0	0,204	0,257	0,009	200	
Ejemplos comparativos	C14	0,10	0,5	0,212	0,269	0,017	105	La rotura se produjo en el 106º agujero
	C15	0,42	2,1	0,220	0,265	0,025	102	La rotura se produjo en el 103º agujero

[0151] En los ejemplos C11 a C13 de la presente invención fue posible taladrar de forma estable hasta 200 agujeros, con las precisiones de agujero dando resultados aceptables, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,210 mm o menos y el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,260 mm o menos.

25 [0152] En el ejemplo comparativo C14, la profundidad del agujero guía fue superficial y la broca de diámetro pequeño se rompió cuando estaba taladrando el 106º agujero, con las precisiones de los agujeros taladrados resultando ser: un diámetro medio de agujero de 0,210 mm o menos y un intervalo medio entre las posiciones de los agujeros de 0,269 mm o menos. La

explicación es la siguiente. A saber, en el proceso de taladrado, como es imposible guiar suficientemente la broca de diámetro pequeño, el taladrado se lleva a cabo en una condición inestable, por lo tanto rompiendo la broca de diámetro pequeño.

5 [0153] En el ejemplo comparativo C15, la profundidad del agujero guía era profunda y cuando se utilizó la fresa de extremo cilíndrico para formar agujeros guías, las virutas de corte se obstruyeron, haciendo imposible formar agujeros guías teniendo una precisión adecuada. Por consiguiente, la broca de diámetro pequeño se rompió cuando se taladraba el 103° agujero, con la precisión de los agujeros taladrados resultando ser: un diámetro medio de agujero de 0,220 mm y un intervalo medio entre las posiciones de los agujeros de 0,265 mm. Como resultado, fue imposible taladrar un agujero teniendo una precisión aceptable, produciendo la rotura de la broca de diámetro pequeño.

10 (Ejemplo 7)

[0154] A continuación, en relación con los ejemplos C16 a C18 de la presente invención, se realizó una evaluación sobre el efecto en la porción cónica de diámetro expandido 10 de la broca de diámetro pequeño.

15 [0155] El ejemplo C16 de la presente invención no incluyó una porción cónica de diámetro expandido 10. El ejemplo C17 de la presente invención incluyó una porción cónica de diámetro expandido 10 en la que el diámetro exterior en el extremo de la longitud de la ranura era de 0,19 mm, y el diámetro máximo de la porción linealmente cónica de diámetro expandido 10 era de 0,194 mm. El ejemplo C18 de la presente invención incluyó una porción cónica de diámetro expandido 10 en la que el diámetro exterior en el extremo de la longitud de la ranura era de 0,19 mm, y el diámetro máximo de la porción linealmente cónica de diámetro expandido 10 era de 0,198 mm. En cada uno de estos ejemplos, la cantidad de conicidad invertida era de 1,0/100 mm con las demás especificaciones siendo las mismas que en el ejemplo 4.

20 [0156] Además, en cuanto a la formación del agujero guía, se utilizó una fresa de extremo esférico para hacer agujeros guías teniendo las mismas especificaciones que las del ejemplo C1 de la presente invención para formar agujeros guías con una profundidad de 0,2 mm, efectuando el mismo taladrado y evaluación que en el ejemplo 4. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

[0157]

25 [Tabla 7]

Número de muestra	Diámetro exterior del extremo de la ranura (mm)	Diámetro máximo de la porción cónica de diámetro expandido (mm)	Diámetro medio de los agujeros	Intervalo medio entre las posiciones de los agujeros	Rectitud	Número de agujeros taladrados finales	
			(mm)	(mm)	(mm)	(agujeros)	
Ejemplos de la invención	C16	0,19	0,190	0,203	0,254	0,005	200
	C17	0,19	0,194	0,201	0,252	0,002	200
	C18	0,19	0,198	0,201	0,252	0,001	200

30 [0158] Por lo tanto, resultó que los ejemplos C16 a C18 de la presente invención fueron capaces de taladrar 200 agujeros de forma estable, presentando una precisión en los agujeros extremadamente buena. Además, con respecto a una broca que tiene una porción cónica de diámetro expandido, las virutas de corte se empujaron hacia atrás de forma segura en la ranura, impidiendo con ello que las virutas penetraran en la sección de cuello. En particular, el ejemplo C18 de la presente invención mostró una precisión estabilizada para los microagujeros aceptable, es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,201 mm, el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,252 mm, con la rectitud siendo de 0,001 mm, un valor extremadamente bueno.

35 [0159] A continuación se utilizan los ejemplos 8 y 9 para explicar un método para realizar un avance por pasos para hacer un taladrado que es 50 o más veces el diámetro de un agujero.

(Ejemplo 8)

[0160] Seguidamente, como ejemplos C19 a C24 de la presente invención, se utilizó una broca de diámetro pequeño en la que la cantidad de conicidad invertida es de 1,0/100 mm, el diámetro exterior del final de la longitud de la ranura es de 0,19 mm, el diámetro máximo de una porción linealmente cónica de diámetro expandido 10 es de 0,198 mm, y la longitud del cuello inferior 17 es de 10,3 mm. Las otras especificaciones fueron las mismas que en el ejemplo 4.

[0161] En el ejemplo C19 de la presente invención, la posición de la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño durante un retroceso 30 se encontraba a +0,1 mm en la dirección positiva desde la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado, de modo que el avance por pasos se realizó repetidamente en una posición capaz de permitir que la broca se apartara exactamente. En los ejemplos C20 a C24 de la presente invención, la posición de la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño durante un retroceso 30 se encontraba en la dirección del taladrado del agujero desde la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado, por lo que el avance por pasos se realizó repetidamente en posiciones que se encontraban a -0,04 mm a -0,22 mm en la dirección negativa de la cara final 32 de la entrada del agujero taladrado.

[0162] Como condiciones de prueba, se taladraron agujeros guías seguidos con una separación de 0,25 mm entre las posiciones de los agujeros en una superficie de un bloque de material SUS316 utilizado como pieza de trabajo. Entonces, se utilizó una broca de diámetro pequeño para taladrar 50 agujeros pasantes con un diámetro de agujero de 0,2 mm y una profundidad de agujero de 10 mm, es decir, la profundidad del agujero fue de 50 veces el diámetro del agujero taladrado. Además, se ajustó la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño durante el tiempo sin taladrar a 3 m/min. Se utilizó una fresa de extremo esférico para taladrar agujeros guías teniendo las mismas especificaciones que las del ejemplo C1 de la presente invención para taladrar agujeros guías con una profundidad de 0,2 mm, efectuando por lo tanto el mismo taladrado y evaluación que en el ejemplo 4. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

[0163]

[Tabla 8]

Número de muestra		Posición de la arista periférica exterior de la broca de diámetro pequeño desde la cara final de una pieza de trabajo (mm)	Posición de la arista periférica exterior de la broca de diámetro pequeño /diámetro de la broca de diámetro pequeño (relación)	Diámetro medio de los agujeros (mm)	Intervalo medio entre las posiciones de los agujeros (mm)	Rectitud (mm)	Número de agujeros taladrados finales (agujeros)
Ejemplos de la invención	C19	0,10	-0,5	0,208	0,260	0,011	50
	C20	-0,04	0,2	0,208	0,258	0,009	50
	C21	-0,06	0,3	0,205	0,255	0,005	50
	C22	-0,10	0,5	0,204	0,253	0,003	50
	C23	-0,20	1,0	0,205	0,256	0,005	50
	C24	-0,22	1,1	0,208	0,258	0,010	50

[0164] Los resultados de los ejemplos C19 a C24 de la presente invención se pueden explicar por lo siguiente. A saber, aunque se taladraron 50 agujeros, el proceso de taladrado resultó ser estable, con una precisión de agujero aceptable. Es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,210 mm o menos y el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,260 mm o menos. En particular, los ejemplos C21 a C23 de la presente invención han mostrado muy buenos resultados: el diámetro medio de todos los agujeros taladrados fue de 0,205 mm o menos, el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,256 mm o menos y la rectitud fue de 0,005 mm o menos.

(Ejemplo 9)

5 [0165] A continuación, en los ejemplos C25 a C29 de la presente invención, se taladraron 50 agujeros pasantes con la profundidad de los agujeros taladrados siendo 50 veces el diámetro de agujero. Usando las mismas especificaciones que en el ejemplo 5, la posición de la arista periférica exterior 33 de una broca de diámetro pequeño durante un retroceso 30 se encontraba en la dirección del agujero taladrado desde la cara final 32 de la entrada de un agujero taladrado en una posición de -0,1 mm, realizando de este modo repetidamente el avance por pasos. Mientras tanto, se cambió la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño en el intervalo de tiempo sin taladrar y se emplearon una fresa de extremo esférico para formar agujeros guías y una broca de diámetro pequeño como los que se usaron en el ejemplo 8, completando de este modo la prueba y la evaluación predeterminadas. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

10 [0166]

[Tabla 9]

Número de muestra		Velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño cuando no está taladrando	Diámetro medio de los agujeros	Intervalo medio entre las posiciones de los agujeros	Rectitud	Número de agujeros taladrados finales
			(mm)	(mm)	(mm)	(agujeros)
Ejemplos de la invención	C25	0,8	0,208	0,260	0,011	50
	C26	1,0	0,205	0,255	0,005	50
	C27	2,0	0,204	0,254	0,004	50
	C28	4,0	0,205	0,255	0,005	50
	C29	5,0	0,208	0,259	0,010	50

15 [0167] Los resultados de los ejemplos C25 a C29 de la presente invención se pueden explicar por lo siguiente. A saber, aunque se taladraron 50 agujeros, el proceso de taladrado resultó ser estable, con una precisión de agujero aceptable. Es decir, el diámetro medio de los agujeros fue de 0,210 mm o menos y el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,260 mm o menos. En particular, los ejemplos C26 a C28 de la presente invención han mostrado muy buenos resultados: el diámetro medio de todos los agujeros taladrados fue de 0,205 mm o menos, el intervalo medio entre las posiciones de los agujeros fue de 0,256 mm o menos y la rectitud fue de 0,005 mm o menos.

20 [0168] La FIG. 19 muestra una sección transversal de una pieza de trabajo que se taladró utilizando un método de taladrado de la presente invención y una herramienta real utilizada en el proceso de taladrado de agujeros. En la prueba, la fresa de extremo esférico para formar un agujero guía incluye dos filos de corte con un diámetro de filo de corte de 0,5 mm, un filo de corte esférico y un filo de corte periférico exterior, con la longitud del filo de corte periférico exterior siendo de 1 mm, el ángulo de incidencia del filo de corte periférico exterior siendo de 15 grados y el diámetro exterior del vástago siendo de 4 mm.

25 [0169] Se preparó una broca de diámetro pequeño 36 para usar en un taladrado de microagujeros profundos incluyendo dos filos de corte, teniendo un diámetro de 0,5 mm, un ángulo de torsión de la ranura de 30 grados, un espesor de hoja de 0,175 mm (35% del diámetro de la broca) y un diámetro exterior del vástago de 3 mm. Concretamente, la longitud de la ranura era de 2,5 mm, la cantidad de conicidad invertida era de 1,0/100 mm, el diámetro exterior en el extremo de la longitud de la ranura era de 0,475 mm, el diámetro máximo de la porción linealmente cónica de diámetro expandido era de 0,495 mm, el diámetro del cuello era de 0,475 mm, la longitud del cuello inferior era de 40,5 mm y el ángulo de la punta era de 140°.

30 [0170] Como método de prueba se usó la fresa de extremo esférico descrita arriba para taladrar un agujero guía en la superficie de una pieza de trabajo 34 hecha de un bloque de material SUS304, con el agujero guía formado teniendo un diámetro de agujero de 0,5 mm, una profundidad de agujero de 0,5 mm y una superficie inferior aproximadamente semiesférica. Luego se utilizó la broca de diámetro pequeño 36 para taladrar un microagujero profundo para taladrar un agujero pasante 35 teniendo un diámetro de agujero de 0,5 mm y una profundidad de agujero de 40 mm, es decir, con una profundidad del agujero siendo 80 veces el diámetro del agujero. Además, la posición de la arista periférica exterior 33 de la broca de diámetro pequeño durante el retroceso 30 se encontraba en la dirección del agujero taladrado desde la cara final

32 de la entrada del agujero taladrado en una posición de -0,1 mm, realizando de ese modo el taladrado de agujeros mediante la repetición de un avance por pasos.

5 [0171] Como condiciones de prueba se utilizaron una fresa de extremo esférico para formar un agujero guía y una broca de diámetro pequeño para realizar un corte en mojado, donde el número de revoluciones fue de 9.550 min^{-1} , la velocidad de avance fue de 28 mm/min, la cantidad de avance por paso fue de 0,025 mm/paso y la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño 36 durante el intervalo de tiempo sin taladrar fue de 2 m/min. Después, la pieza de trabajo taladrada 34 se cortó para observar la sección transversal del agujero taladrado.

10 [0172] Como se puede ver en la FIG. 19, la presente invención hace posible un taladrado de agujeros que de otro modo no permitía la técnica anterior ni siquiera utilizando un proceso de corte. La prueba anterior demuestra que la presente invención incluso puede taladrar un agujero pasante con una profundidad que es 80 veces el diámetro del agujero optimizando las condiciones de realización de un avance por pasos. Así, utilizando el método de la presente invención, se hace posible taladrar un agujero, incluso si la broca tiene un diámetro de 1 mm o menos y el agujero tiene una relación L/D de 120 - 130.

15 [0173] A continuación se dará una descripción para explicar un ejemplo de taladrado de un agujero pasante, con referencia a los ejemplos 10 y 11 de la presente invención.

(Ejemplo 10)

20 [0174] La FIG. 1 muestra una vista exterior de una broca de diámetro pequeño 1 utilizada en el taladrado de microagujeros profundos en un ejemplo de la presente invención, así como en un ejemplo comparativo. En un ejemplo de la presente invención y en un ejemplo comparativo se utilizó una broca de diámetro pequeño 1 para taladrar micro agujeros profundos. Esta broca de diámetro pequeño 1 tiene dos filos de corte, un diámetro de broca de 0,3 mm, una torsión de ranura de 30 grados, un espesor de hoja de 0,105 mm (35% del diámetro de la broca), un diámetro del vástago de 3 mm y una longitud de la sección de broca de 1,48 mm. Concretamente la longitud de la ranura era 1,5 mm, la longitud de la porción de diámetro expandido era 0,05 mm, el diámetro máximo de la porción de diámetro expandido era 0,298 mm, la cantidad de conicidad posterior era de 0,5/100 mm, el diámetro de la sección de cuello era 0,28 mm, la longitud del cuello inferior era de 9,1 mm y el ángulo de punta era 140° .

30 [0175] Como condiciones de prueba se taladraron agujeros guías seguidos en una superficie de un bloque de material SUS304 que sirve como pieza de trabajo, de tal manera que cada agujero guía taladrado tenía una profundidad de 0,2 mm y se separaron el uno del otro con una separación de 0,2 mm, utilizando una fresa de extremo esférico para taladrar agujeros guías, teniendo dos filos de corte, un diámetro de filo de corte de 0,295 mm, un radio del filo de corte esférico R de 0,15 mm, un filo de corte esférico, un filo de corte periférico exterior, una longitud del filo de corte periférico exterior de 0,3 mm, un ángulo de incidencia del filo de corte periférico exterior de 15 grados y un diámetro exterior de la sección de vástago de 4 mm. Después se usó una broca de diámetro pequeño para taladrar microagujeros profundos para taladrar agujeros pasantes cada uno teniendo un diámetro de agujero de 0,3 mm y una profundidad de agujero de 7,5 mm, es decir, la profundidad del agujero taladrado es 25 veces el diámetro del filo de corte. Entonces, tanto la fresa de extremo esférico como la broca de diámetro pequeño se utilizan para realizar un corte en mojado con el número de revoluciones siendo de 25.000 min^{-1} , la velocidad de avance de 50 mm/min, y la cantidad de avance por pasos de 0,03 mm/paso.

40 [0176] En el ejemplo 1 de la presente invención, se guió una broca de diámetro pequeño por un agujero guía preformado, y mediante la repetición de un avance por pasos mostrado en la FIG. 27, se realizó el taladrado de modo que la longitud de penetración 39 de la broca de diámetro pequeño era de 1,53 mm, es decir, el taladrado se realizó hasta que la broca de diámetro pequeño sobresalió 1,53 mm del agujero. En el ejemplo comparativo D2 mostrado en la FIG. 28, se realizó el taladrado de modo que la longitud de penetración 39 de la broca de diámetro pequeño era de 0,1 mm, es decir, el taladrado se realizó hasta que la broca de diámetro pequeño sobresalió 0,1 mm del agujero.

45 [0177] Para la evaluación se taladraron 100 agujeros. Entonces, se introdujo un pasador de referencia en cada uno de los agujeros 1-99 para comprobar si el pasador de referencia podría penetrar sin problemas en estos agujeros. Posteriormente, el 100º agujero se separó cortándolo y se midió la rugosidad de la superficie interior del agujero y se observó la superficie interior del agujero utilizando un microscopio electrónico de tipo por barrido. Los resultados se muestran en la Tabla 10.

[0178]

[Tabla 10]

Número de muestra	Longitud del cuello inferior (mm)	Cantidad de penetración de la broca de diámetro pequeño (mm)	¿Incluye una porción de diámetro grande? (Sí/No)	Longitud de la porción cilíndrica (mm)	Diámetro máximo de la porción de diámetro grande (mm)	Resultados de las pruebas de taladrado de		
						Número de agujeros pasantes por los que pudo pasar el pasador de referencia (agujeros)	Estado de la superficie interior del 100° agujero	Rugosidad de la superficie interior del 100° agujero (µm)
Ejemplos de la invención D1	9,1	1,53	Sí	0	0,298	96	Sin irregularidad	0,9
Ejemplos comparativos D2	9,1	0,10	Sí	0	0,298	10	Irregularidad	2,48

[0179] Como resultado, en el método de taladrado utilizado en el ejemplo D1 de la presente invención, el pasador de referencia se introdujo fácilmente en cada uno de los 96 agujeros. La rugosidad de la superficie interior del 100° agujero fue de 0,9 μm , que es un valor extremadamente bueno. Incluso al mirar la superficie interior de un agujero desde la entrada 37 del agujero hacia la salida 38 del agujero, no había ninguna irregularidad y por lo tanto exhibían una precisión de agujero extremadamente buena.

[0180] La FIG. 29 muestra las áreas de la superficie interior de un agujero taladrado cerca de la mitad y la salida del agujero en el ejemplo D1 de la presente invención. Como se puede ver en las fotos de la FIG. 29, un agujero taladrado en el ejemplo D1 de la presente invención produjo una superficie interior lisa cerca de la salida y del centro del agujero. La razón de esto puede deberse a lo siguiente. A saber, una porción de diámetro expandido teniendo sustancialmente el mismo diámetro que el diámetro de la broca pudo raspar la superficie interior de un agujero taladrado y este efecto de raspado fue capaz de mejorar la rugosidad de la superficie interior y la precisión de la superficie interior. Además, se puede considerar que con el taladrado de un agujero hasta que la broca de diámetro pequeño sobresalga 1,53 mm de la salida del agujero se puede obtener un efecto de raspado deseado sobre toda la superficie interior de un agujero pasante desde la entrada hasta la salida del agujero.

[0181] Por otra parte, en el método de taladrado utilizado en el ejemplo comparativo D2, se introdujo un pasador de referencia fácilmente en 10 agujeros, pero el pasador no pudo introducirse en los agujeros 11° en adelante porque se quedó atascado en el medio de estos agujeros. Además, la rugosidad de la superficie interior del 100° agujero taladrado fue tan deficiente como 2,48 μm , e incluso se confirmó irregularidad cerca de la salida del agujero taladrado.

[0182] La FIG. 30 muestra las áreas de la superficie interior de un agujero taladrado cerca de la mitad y la salida del agujero. En el método de taladrado utilizado en el ejemplo comparativo D2, el taladrado se realizó hasta que una broca de diámetro pequeño sobresale solo 0,1 mm de la salida del agujero. Como resultado, una porción de diámetro expandido teniendo casi el mismo diámetro que el diámetro de la broca fue capaz de raspar la superficie interior del agujero taladrado, mejorando de este modo la superficie interior. Por otro lado, en un área cerca de la salida en la que no se produjo este efecto de raspado, la herramienta se desgastó de manera que la superficie interior quedó rugosa, descrita como "irregularidad" en la foto, produciendo por tanto una gran rugosidad de la superficie.

[0183] A continuación se dará una descripción para explicar un ejemplo, como ejemplo 11, para optimizar la forma de una herramienta para taladrar un agujero pasante.

(Ejemplo 11)

[0184] A continuación, como ejemplos D3 a D9 de la presente invención y un ejemplo comparativo D10, se realizó la prueba para optimizar la forma de una broca de diámetro pequeño 1.

[0185] Como método de prueba este ejemplo empleó las mismas especificaciones que el ejemplo D1 de la presente invención, utilizando un ejemplo comparativo D10 que no incluía una porción de diámetro expandido, un ejemplo D8 de la presente invención que incluía una porción de diámetro expandido, con un diámetro máximo de 0,288 mm y una longitud de 0,15 mm, un ejemplo D9 de la presente invención que incluía una porción de diámetro expandido con un diámetro máximo de 0,285 mm y una longitud de 0,15 mm, y los ejemplos D3 y D7 de la presente invención en los que la longitud de la porción de diámetro expandido incluyendo una porción cilíndrica era de 0,15 mm a 0,85 mm, es decir, la longitud de la porción cilíndrica era de 0,1 mm a 0,8 mm y la longitud de cuello inferior era de 9,2 mm a 9,9 mm, realizando de esta manera el mismo taladrado y evaluación que en el ejemplo 10. Los resultados se muestran en la Tabla 11.

[0186]

[Tabla 11]

Número de muestra	Longitud del cuello inferior (mm)	Cantidad de penetración de la broca de diámetro pequeño (mm)	¿Incluye una porción de diámetro grande? (Sí/No)	Longitud de la porción cilíndrica	Diámetro máximo de la porción de diámetro grande (mm)	Resultados de las pruebas de taladrado de microagujeros profundos		
						Número de agujeros pasados por los que pudo pasar el pasador de referencia (agujeros)	Estado de la superficie interior del 100° agujero	Rugosidad de la superficie interior del 100° agujero (µm)
D3	9,2	1,63	Sí	0,1	0,298	99	Lisa	0,7
D4	9,4	1,83	Sí	0,3	0,298	99	Lisa	0,6
D5	9,5	1,93	Sí	0,4	0,298	97	Sin irregularidad	0,8
D6	9,7	2,13	Sí	0,6	0,298	97	Sin irregularidad	0,8
D7	9,9	2,33	Sí	0,8	0,298	90	Sin irregularidad	1,2
D8	9,2	1,63	Sí	0,1	0,288	93	Sin irregularidad	1,0
D9	9,2	1,63	Sí	0,1	0,285	88	Ligera irregularidad	1,4
D10	9,1	1,53	No	-	-	0	Mucha irregularidad	5,5
Ejemplos de la invención								
Ejemplos comparativos								

5 [0187] Como se puede ver en la Tabla 11, en el método de taladrado utilizando los ejemplos D3 a D9 de la presente invención se pudo introducir un pasador de referencia fácilmente en 88 agujeros. Particularmente, en los ejemplos D3 y D4 de la presente invención se pudo introducir el pasador de referencia sin problemas en los 99 agujeros. Además, con el ejemplo D4 de la presente invención, la rugosidad de la superficie interior del 100° agujero exhibe un resultado extremadamente bueno de 0,6 μm . Esto es quizás porque la porción cilíndrica produjo un notable efecto de raspado durante un proceso de taladrado.

10 [0188] Además, en el ejemplo D7 de la presente invención, como la porción cilíndrica era relativamente larga, el área raspada se hizo grande, por lo que la rugosidad de la superficie interior del 100° agujero taladrado también se hizo grande. Por otra parte, en el ejemplo D9 de la presente invención, el número de agujeros por los que un pasador de referencia pudo introducirse es menor que otros ejemplos de la invención. La razón de esto puede deberse a lo siguiente. A saber, como el diámetro máximo de la porción de diámetro expandido es 0,95 veces el diámetro de la broca, el huelgo del diámetro máximo de la porción de diámetro expandido con respecto al diámetro de la broca es ligeramente mayor que otros ejemplos de la invención, lo que produce un efecto de raspado ligeramente débil.

15 [0189] Por otra parte, no fue posible introducir un pasador de referencia en ninguno de los agujeros taladrados en el ejemplo comparativo D10. Como resultado, se produjo mucha irregularidad sobre la superficie interior del 100° agujero taladrado, y la rugosidad de la superficie se hizo tan deficiente como 5,5 μm . La razón de esto puede deberse a lo siguiente. A saber, como en el ejemplo comparativo D10 no se incluyó ninguna porción de diámetro expandido, la broca de diámetro pequeño fue inestable durante el proceso de taladrado y las virutas de corte penetraron en el agujero, produciendo con ello una rectitud peor.

20 [0190] A continuación se utilizará el ejemplo, 12 para explicar un ejemplo de evaluación de un efecto de escariado en un caso en el que la porción de diámetro expandido en el extremo posterior de la sección de broca tiene una porción cilíndrica cuyo diámetro es aproximadamente el mismo que el diámetro de la broca.

(Ejemplo 12)

25 [0191] Se realizó una prueba para taladrar un agujero ultraprofundo teniendo una relación L/D de 80, que no era posible en la técnica anterior. La FIG. 31 muestra una broca de diámetro pequeño 46 después de ser utilizada en la prueba y una pieza de trabajo 45 después de haber sido cortada.

30 [0192] Como ejemplo D11 de la presente invención, una broca de diámetro pequeño 46 para su uso en el taladrado de microagujeros profundos comprendía dos filos de corte, en el que el diámetro de broca era de 0,5 mm, el ángulo de torsión de la ranura era de 30°, el espesor de hoja era de 0,175 mm (35% del diámetro de la broca), el diámetro del vástago era de 3 mm, la longitud de la sección de broca era de 2,48 mm, la longitud de la ranura era de 2,5 mm, la longitud de la porción de diámetro expandido incluyendo una porción cilíndrica era de 0,15 mm, es decir, la longitud de la porción cilíndrica era de 0,1 mm, el diámetro máximo de la porción de diámetro expandido era de 0,498 mm, la porción guía se encontraba a 4,0 mm y 8,0 mm del filo de corte de la sección de cuello, la cantidad de conicidad invertida era de 0,5/100 mm, el diámetro del cuello era de 0,48 mm, la longitud del cuello inferior era de 43 mm y el ángulo de la punta era de 140°.

35 [0193] Como condiciones de prueba se usó una fresa de extremo esférico para formar un agujero guía para taladrar agujeros guías de forma continua con una separación de 0,2 mm en una superficie de una pieza de trabajo 45 de material SUS304. La fresa de extremo esférico tenía dos filos de corte, teniendo un diámetro de filo de 0,495 mm, un radio del filo de corte esférico R de 0,25 mm, un filo de corte esférico, un filo de corte periférico exterior, en el que la longitud del filo de corte periférico exterior era de 0,5 mm, el ángulo de incidencia del filo de corte periférico exterior era de 15 grados y el diámetro exterior de la sección de vástago era de 4 mm. Los agujeros guías fueron así continuamente conformados hasta que cada uno tuvo una profundidad de agujero de 0,3 mm. Después se usó una broca de diámetro pequeño 46 para su uso en el taladrado de microagujeros profundos para taladrar agujeros pasantes, cada agujero teniendo un diámetro de 0,5 mm y una profundidad de agujero de 40 mm, es decir, la profundidad taladrada era 80 veces el diámetro del filo de corte.

40 [0194] Tanto la fresa de extremo esférico como la broca de diámetro pequeño 46 se utilizaron para realizar un corte en mojado, con el número de revoluciones a 7.000 min^{-1} , la velocidad de avance de 30 mm/min, y la cantidad de avance por pasos de 0,05 mm/paso.

45 [0195] Como método de taladrado, cada agujero guía preformado guio la broca de diámetro pequeño 46. Como se muestra en la FIG. 27, repitiendo un avance por pasos se realizó el taladrado de modo que la longitud de penetración 39 de la broca de diámetro pequeño 46 era de 2,63 mm, es decir, el taladrado se realizó hasta que la broca de diámetro pequeño 46 sobresalió 2,63 mm de la salida de un agujero taladrado.

[0196] Para la evaluación, se taladraron 30 agujeros y se introdujo un pasador de referencia a través de cada uno de los agujeros primero a 29° para comprobar si el pasador podría pasar a través de los agujeros sin problemas. El 30° agujero de taladrado se cortó y se midió la rugosidad de la superficie acabada de la superficie interior del agujero y se observó la superficie interior del agujero utilizando un microscopio electrónico de barrido. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

5 [0197]

[Tabla 12]

Número de muestra	Longitud del cuello inferior (mm)	Cantidad de penetración de la broca de diámetro pequeño (mm)	¿Incluye una porción de diámetro grande? (SI/No)	Longitud de la porción cilíndrica (mm)	Diámetro máximo de la porción de diámetro grande (mm)	Resultados de las pruebas de taladrado de		
						Número de agujeros pasantes por los que pudo pasar el pasador de referencia	Estado de la superficie interior del 30° agujero	Rugosidad de la superficie interior del 30° agujero
Ejemplos de la invención	43	2,63	Yes	0,1	0,498	(agujeros)	-	(μm)
D11						29	Lisa	0,9

[0198] Como se puede ver en la Tabla 12, en el método de taladrado utilizado en el ejemplo D11 de la presente invención, se pudo introducir un pasador de referencia sin problemas en los 29 agujeros. La FIG. 32(a) muestra un estado de la superficie interior de un agujero taladrado cerca de su salida en el ejemplo D11 de la presente invención.

5 [0199] Como puede verse en la foto de la FIG. 32(a), en el ejemplo D11 de la presente invención, la superficie interior del agujero taladrado cerca de su salida muestra una superficie lisa. Por otro lado, como comparación mostrada en la foto de la FIG. 32(b), se realizó el llamado "mecanizado libélula" por mecanizado electroerosivo que significa que la formación del agujero se hizo desde ambos lados de una pieza de trabajo y cada agujero se conectó después para formar un agujero pasante por el mecanizado, a lo que siguió un mecanizado electroerosivo por cable en el agujero pasante para obtener un agujero acabado. En la FIG. 32(b) se muestra la superficie interior de un agujero taladrado. Como también se puede confirmar a partir de la foto de la FIG. 32(b) se produjo una capa anormal de un procesamiento electroerosivo en la superficie interior del agujero taladrado, produciendo con ello una irregularidad aún más grande.

10 [0200] Es decir, la presente invención hace posible lograr un taladrado de microagujeros ultraprofundos con una relación L/D de 80 o más, lo cual era imposible conseguir de otro modo en la técnica anterior, haciendo así posible realizar un taladrado de agujeros que asegure al mismo tiempo una precisión de la superficie interior de un agujero taladrado dentro de un rango excelente.

[Aplicabilidad industrial]

15 [0201] Ejemplos de campos industriales en los que se puede aplicar la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos de la presente invención incluyen el procesamiento de moldes o piezas de metal, en particular el proceso de taladrar agujeros que tengan un diámetro de agujero de 1 mm o menos. Es decir, la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos de la presente invención se puede utilizar para taladrar no sólo un agujero cuya longitud sea 15 o más veces el diámetro del agujero, sino también un agujero ciego o agujero pasante cuya longitud sea 50 o más veces el diámetro del agujero. En particular, la broca de diámetro pequeño de la presente invención puede taladrar un microagujero profundo teniendo una relación L/D de 50 o más que sería de otro modo imposible de taladrar en la técnica anterior. Concretamente, la broca de diámetro pequeño de la presente invención puede taladrar agujeros de refrigeración por agua en moldes y agujeros de protrusión de pasadores, así como boquillas especiales o similares en el campo de la fabricación de automóviles y en la industria textil, donde se necesita hacer taladros más finos y profundos para conseguir funciones enormemente mejoradas.

Explicación de los números de referencia

[0202]

- 30 1 broca de diámetro pequeño
- 2 diámetro de broca
- 3 filo de corte
- 4 ranura
- 5 sección de broca
- 35 6 sección de cuello
- 7 sección de vástago
- 8 porción de menor diámetro de la porción de menor diámetro
- 9 extremo de la ranura
- 10 porción de diámetro expandido
- 40 11 longitud de la ranura

	12	longitud de la sección de cuello
	13	porción guía
	14	porción de diámetro pequeño
	16	ángulo de punta
5	17	longitud de cuello inferior
	18	porción de diámetro máximo de la porción de diámetro expandido
	19	ángulo de apertura
	20	pieza de trabajo
	21	porción guía
10	22	cíncel
	23	punto de corte en un método de taladrado convencional
	24	punto de corte en un método de la presente invención
	25	punto de corte en un método de la presente invención
	26	arista periférica exterior
15	27	curva de agujero guía
	28	corte predeterminado
	29	siguiente corte predeterminado
	30	retroceso
	31	paso adelante
20	32	cara final de la entrada de un agujero taladrado
	33	posición de la arista periférica exterior
	34	pieza de trabajo
	35	agujero pasante
	36	broca de diámetro pequeño utilizada en un proceso de taladrado de agujeros
25	37	entrada de agujero
	38	salida de agujero 38
	39	longitud de penetración de una broca de diámetro pequeño
	40	porción raspada de la superficie interior del agujero

- 41 cantidad de paso
- 43 superficie interior
- 44 superficie interior
- 45 pieza de trabajo taladrada y cortada
- 5 46 broca de diámetro pequeño después de ser utilizada en el taladrado de 30 agujeros
- 47 longitud de porción guía

REIVINDICACIONES

1. Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) que tiene un diámetro de broca (2) de 1 mm o menos, incluyendo una sección de vástago (7), una sección de cuello (6) y una sección de broca (5) teniendo filo(s) de corte (3) y ranura(s) (4) que se extienden a lo largo de la sección de broca (5) desde dicho filo de corte (3) hasta un extremo (9) de dicha ranura (4), en la que
 5 dicha ranura (4) tiene una longitud (11) que es al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca (2); dicha sección de cuello (6) está conectada con la sección de vástago (7) y tiene un diámetro más pequeño que el diámetro de broca (2) y una longitud (12) que es 10 o más veces el diámetro de broca (2),
caracterizada por el hecho de que
 10 dicha sección de broca (5) tiene un diámetro que disminuye desde el filo de corte (3) hacia el extremo de la ranura (9) para formar una porción de diámetro menor (8), y luego aumenta desde la parte de diámetro menor (8) hacia dicho extremo de ranura (9); un diámetro exterior de la sección de broca (5) en el extremo (9) de la ranura (4) es al menos 0,9 veces y como máximo 0,98 veces el diámetro de la broca (2); y
 15 una porción de diámetro expandido (10) está dispuesta entre dicha sección de broca (5) y dicha sección de cuello (6), teniendo un diámetro que se expande desde el diámetro exterior del extremo de la ranura (4) hasta 1 o menos veces el diámetro de broca (2).
2. Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) según la reivindicación 1, en la que la porción de diámetro expandido (10) en el extremo posterior de la sección de broca (5) se expande en una forma cónica desde el diámetro exterior del extremo de la ranura (4) hasta un diámetro que es aproximadamente el mismo que el diámetro de broca (2),
 20 alternativamente, el diámetro máximo de la porción de diámetro expandido (10) se hace sustancialmente igual al diámetro de broca (2) combinando una porción cónica con una porción cilíndrica que tiene un diámetro que es aproximadamente el mismo que el diámetro de broca (2).
3. Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) según la reivindicación 1 o 2, en la que la ranura (4) tiene una longitud (11) que es al menos 5 veces y como máximo 7 veces el diámetro de broca (2).
 25
4. Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) según la reivindicación 1 o 2, en la que el diámetro exterior de la sección de cuello (6) es al menos 0,85 veces a menos que 0,98 veces el diámetro de broca (2); y se proporciona(n) porción(es) guía(s) (13) cada una teniendo un diámetro exterior que es al menos 0,98 y como máximo 1,0 veces el diámetro de broca (2) en una o más localizaciones de la sección de cuello (6).
 30
5. Broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (3) según la reivindicación 4, en la que la longitud (47) de la(s) porción(s) guía(s) individual(es) (13) es al menos 0,2 veces y como máximo 2 veces el diámetro de broca (2).
 35
6. Método de taladrado de microagujeros profundos para taladrar un agujero teniendo un diámetro de 1 mm o menos y una profundidad de 15 o más veces el diámetro del agujero taladrado, en el que se guía una broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) que comprende una sección de broca (5) y una sección de cuello (6) por un agujero guía preformado (21), en el que
 40 dicha broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) se hace para tener una longitud de ranura (11) que es al menos 5 veces y como máximo 10 veces el diámetro de broca (2); dicha sección de cuello (6) se hace para tener una longitud (12) que es 10 o más veces el diámetro de broca (2); y dicho taladrado se realiza repitiendo un avance por pasos;
caracterizado por el hecho de que
 45 dicho agujero guía (21) se forma usando una fresa de extremo esférico que se hace avanzar en la dirección del eje de rotación de la fresa de extremo esférico, de modo que el diámetro de dicho agujero guía es al menos 0,90 veces y como máximo 1,05 veces el diámetro (2) de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1), y la profundidad de dicho agujero guía (21) es al menos 0,6 veces y como máximo 2,0 veces el diámetro (2) de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1), y
 50 dicho agujero guía (21) está formado para tener una superficie inferior en una forma sustancialmente semiesférica; en donde dicho taladrado se realiza utilizando la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, y 5.
7. Método de taladrado de microagujeros profundos según la reivindicación 6, en el que durante un proceso de taladrado que incluye una profundidad de taladrado que es 50 veces o más el diámetro de un agujero taladrado, la posición de la arista exterior periférica (26) de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) durante un retroceso (30) se encuentra en el interior del agujero taladrado,

dicha posición de la arista periférica exterior (26) encontrándose al menos 0,03 veces y a lo sumo 1,0 veces el diámetro (2) de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) desde la cara final (32) de la entrada del agujero taladrado.

5 8. Método de taladrado de microagujeros profundos según la reivindicación 7, en el que la velocidad de avance de la broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) cuando no está taladrando es de al menos 1m/min y como máximo 4 m/min.

9. Método de taladrado de microagujeros profundos según cualquiera de las reivindicaciones 6, 7 y 8, en el que se utiliza una broca de diámetro pequeño para agujeros profundos (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 5 para realizar un taladrado repitiendo un avance por pasos hasta que al menos la porción de diámetro máximo (10) o la porción cilíndrica (6) penetre a través del agujero taladrado.

10

FIG.1

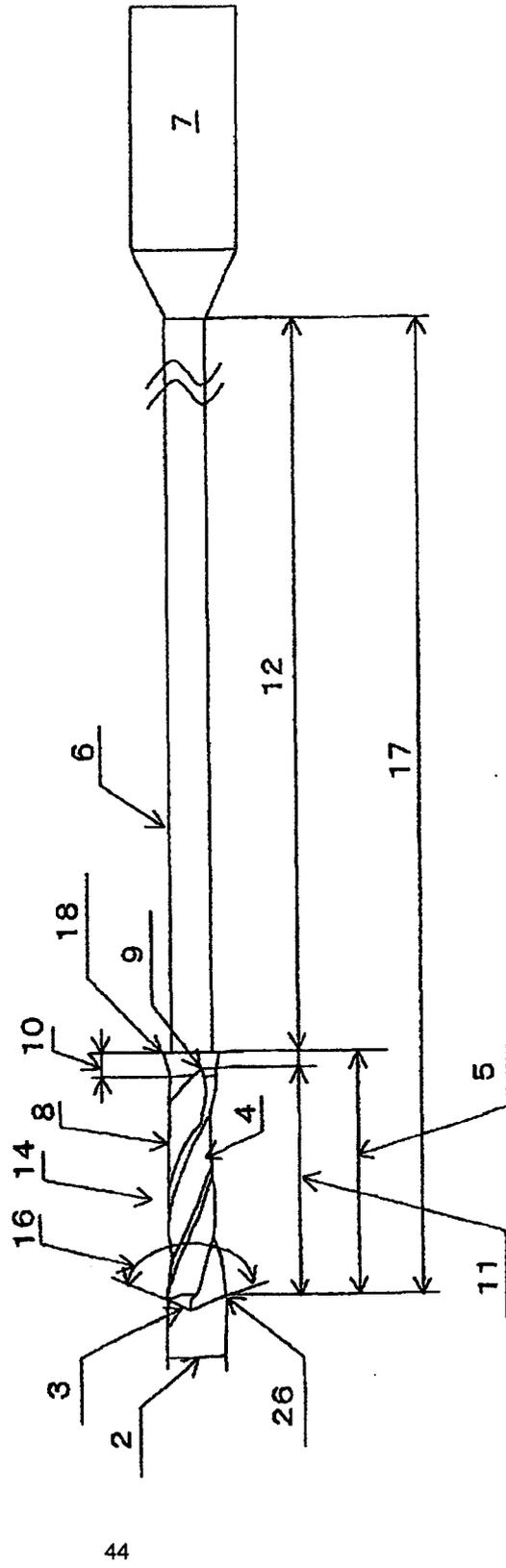


FIG.2

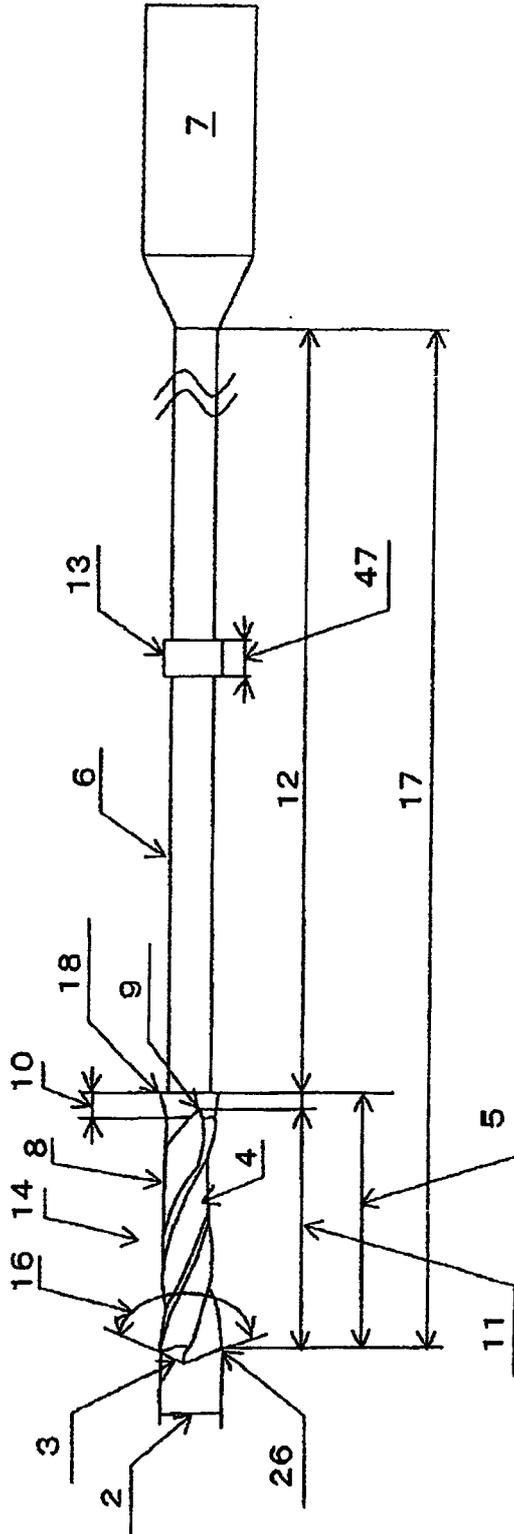


FIG.3

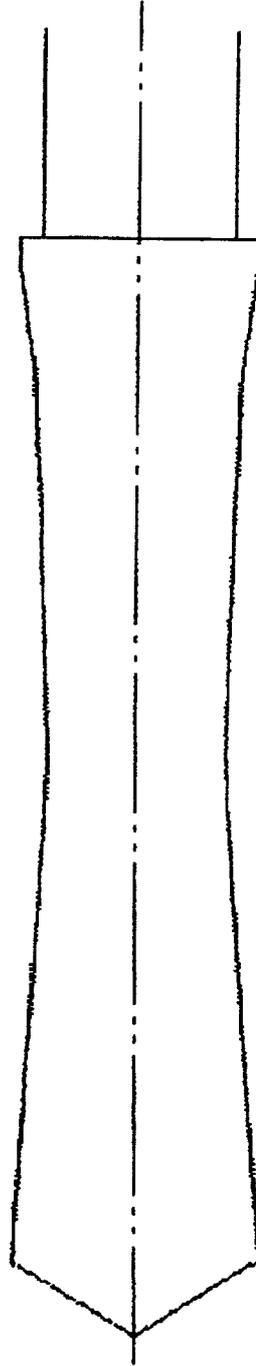


FIG.4

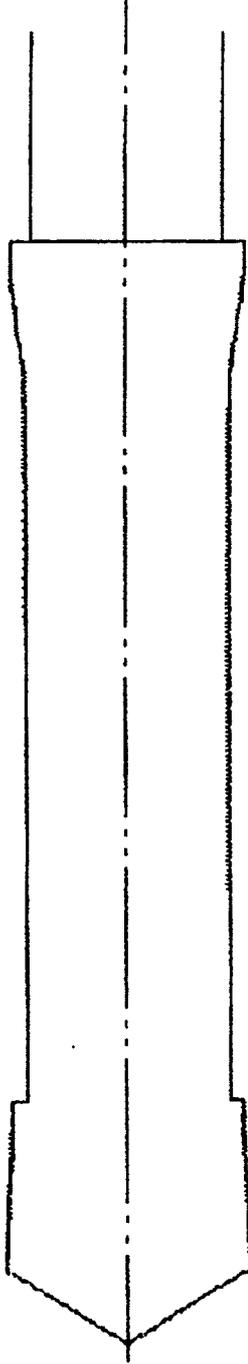


FIG.5

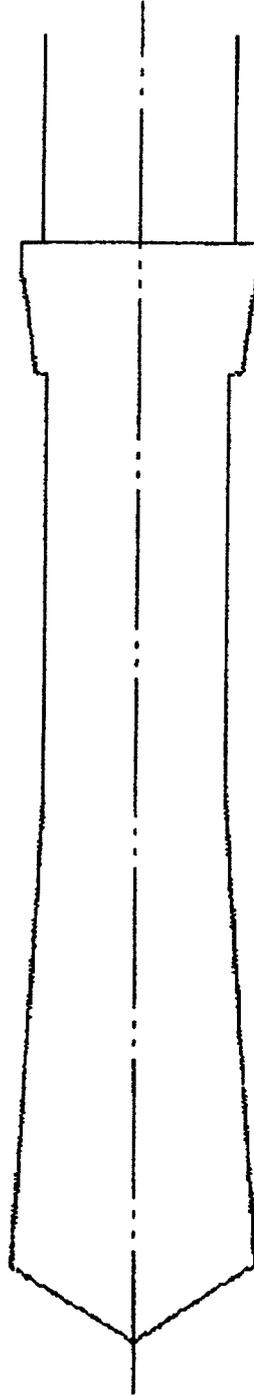


FIG.6

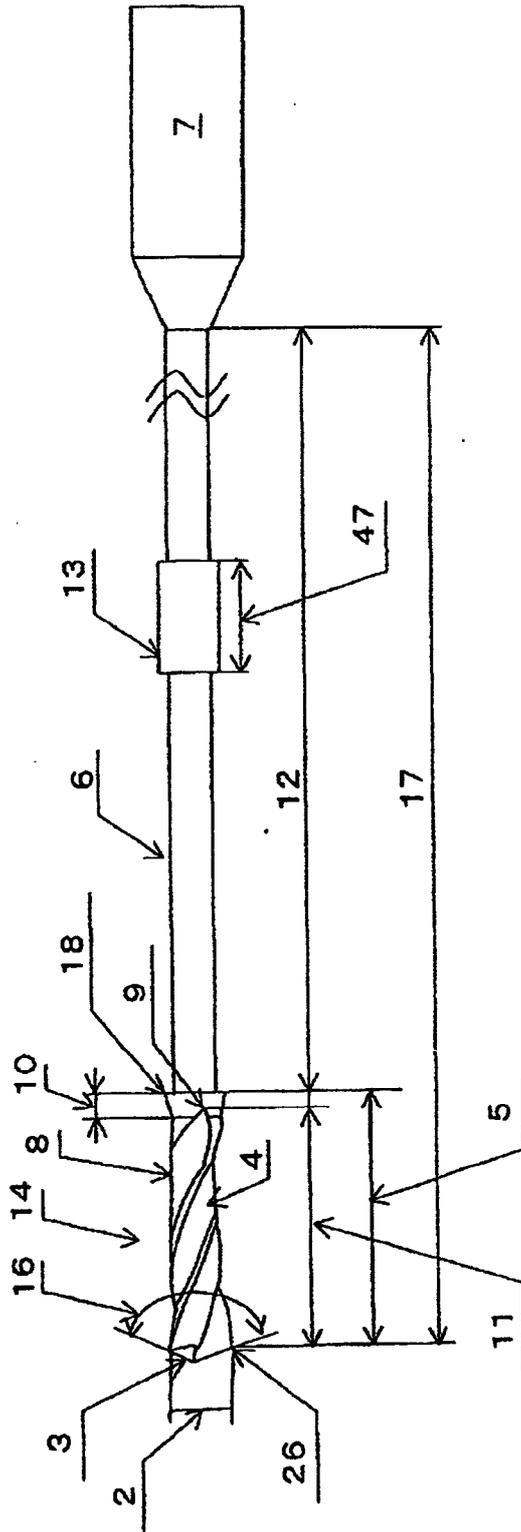


FIG.8

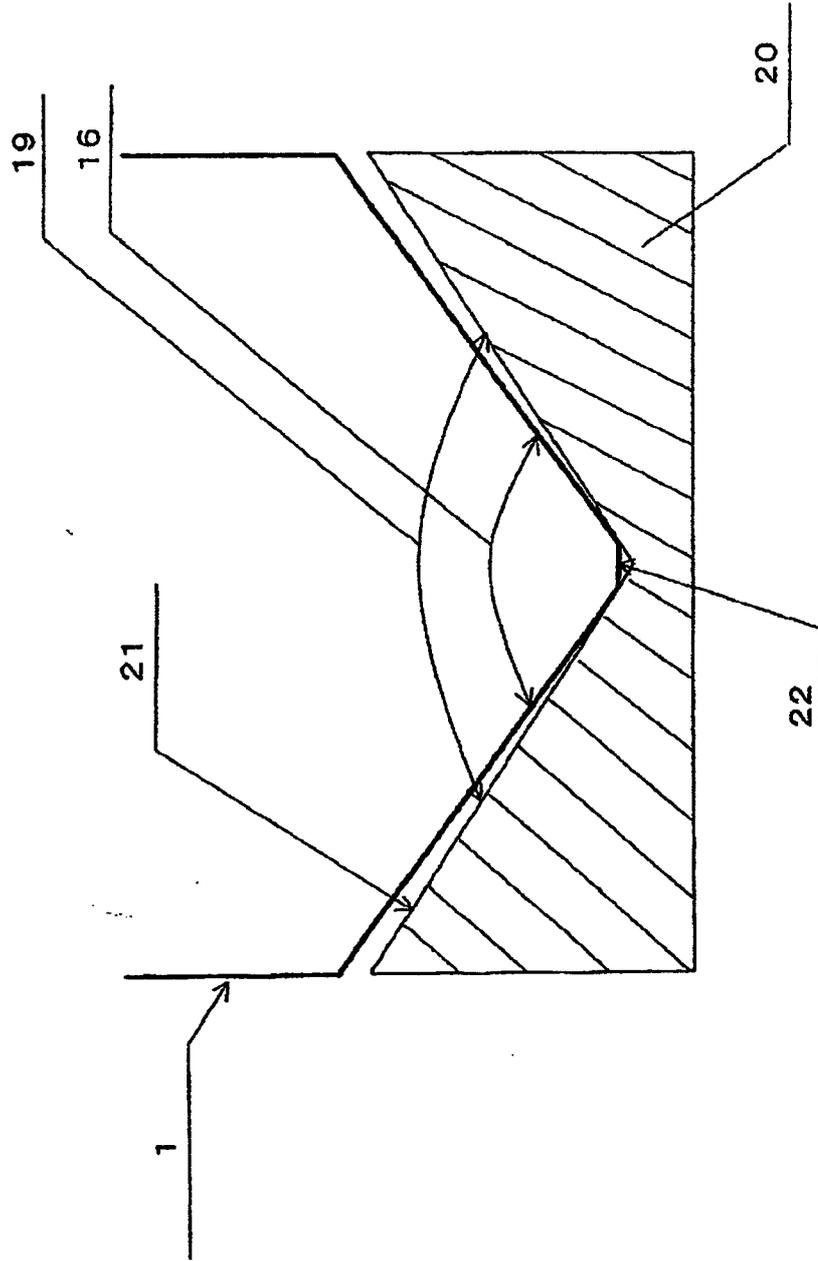


FIG.9

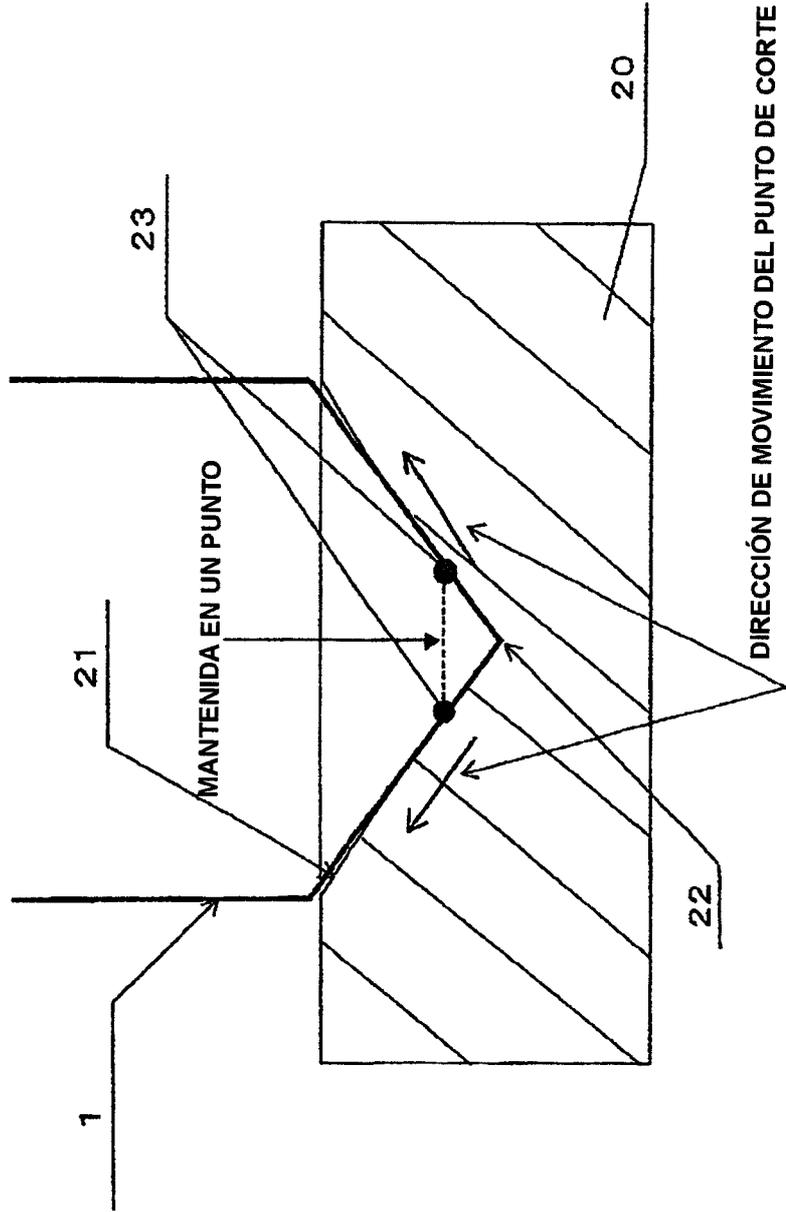


FIG.11

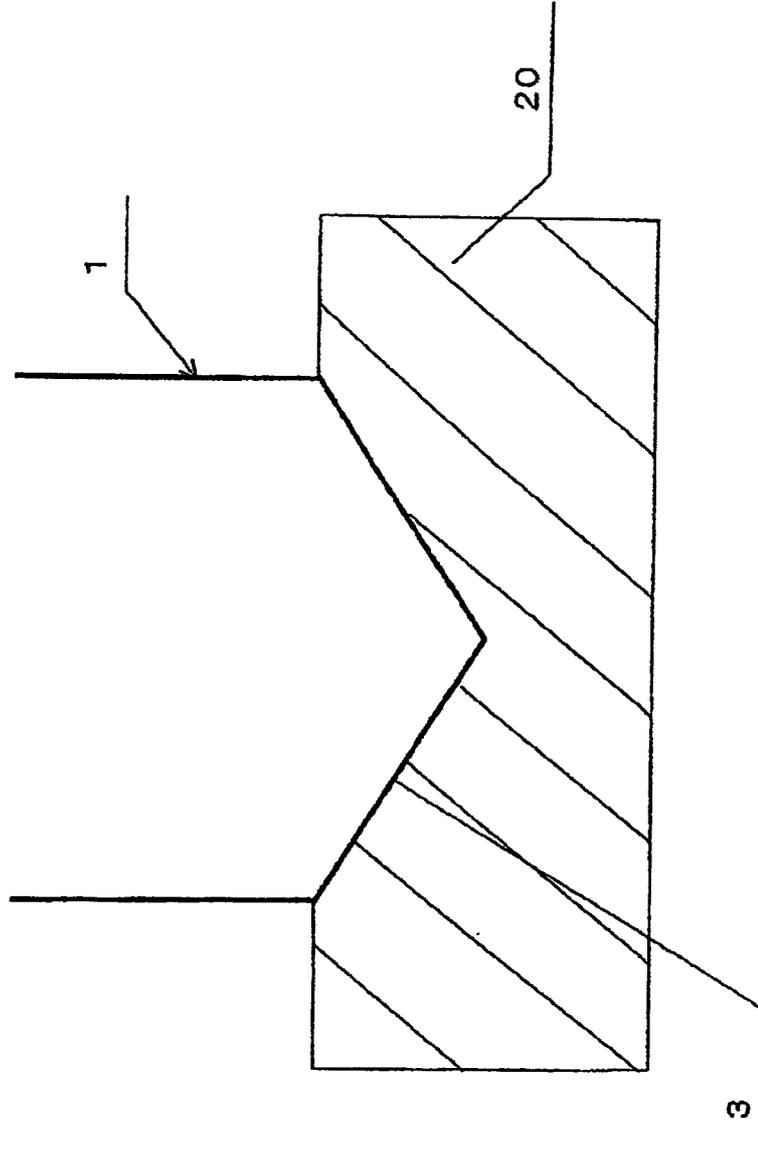


FIG.12

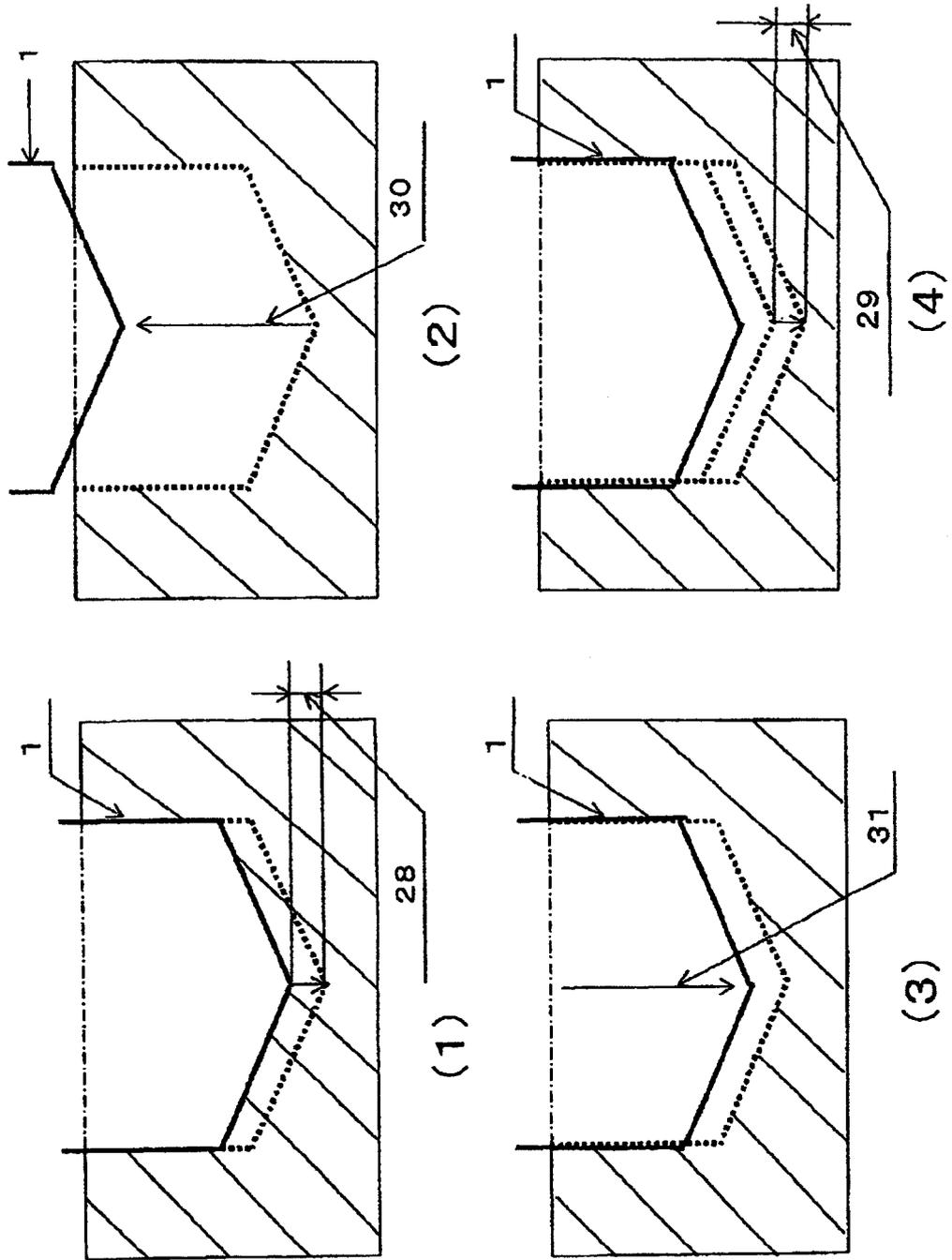


FIG.13

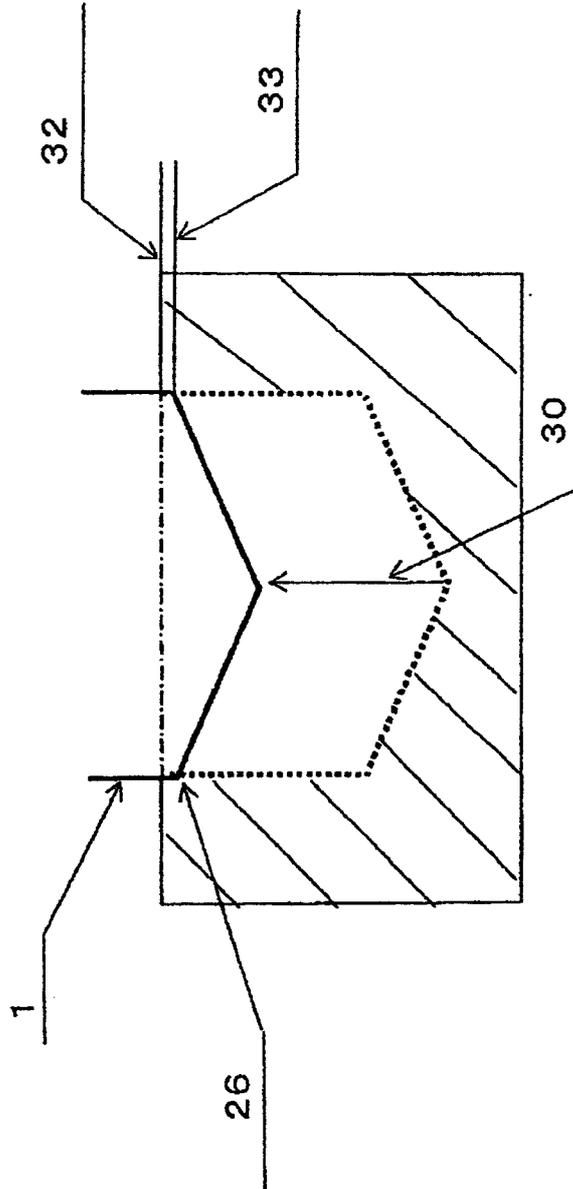


FIG.14

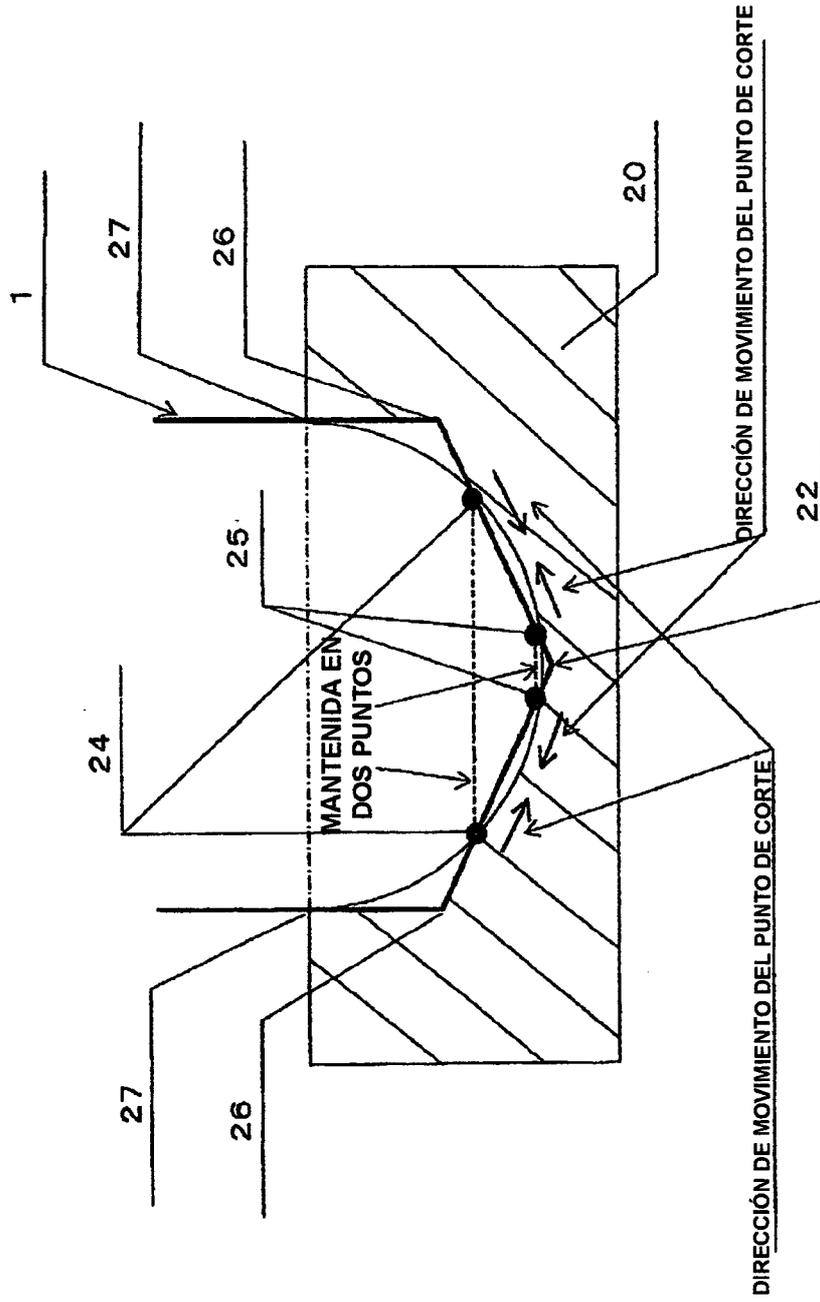


FIG.15

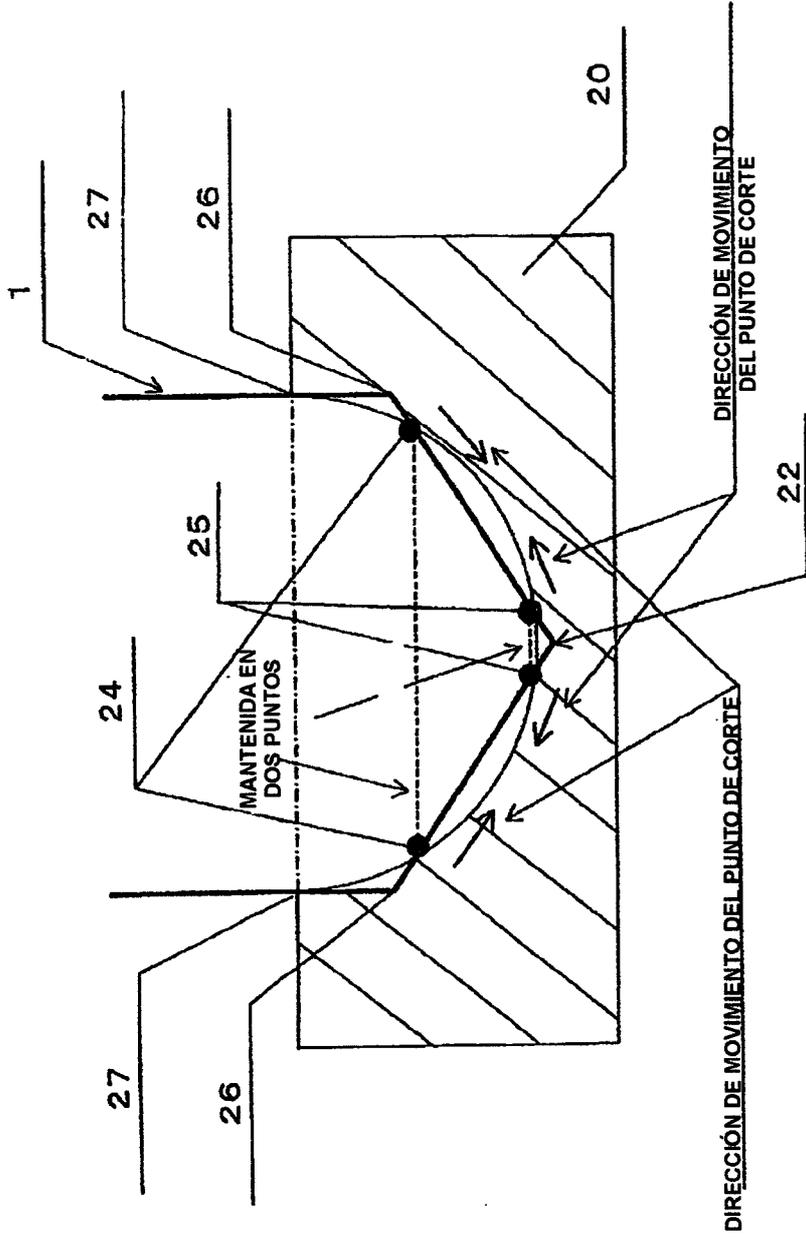


FIG.16

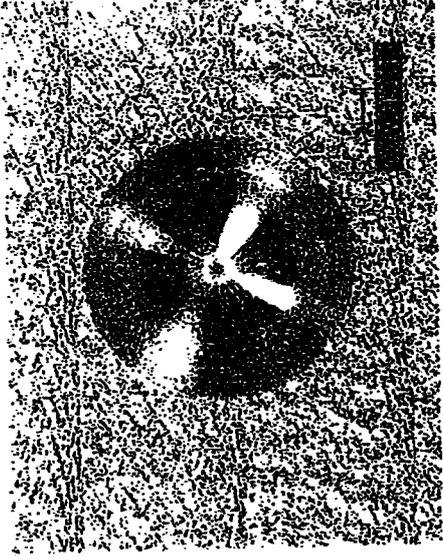
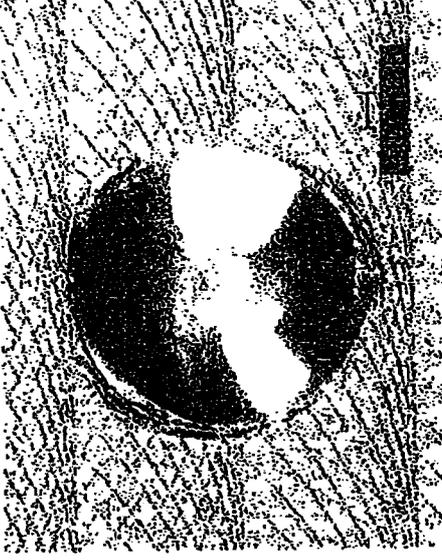
<p>TALADRADO DE AGUJERO GUJÍA (Vf=100 mm/min) UTILIZANDO UNA FRESA DE EXTREMO ESFÉRICO (ø 0,8 mm) CON DOS FILOS DE CORTE</p>		<p>TALADRADO DE AGUJERO GUJÍA (Vf=100 mm/min) UTILIZANDO UNA BROCA CORTA (ø 0,8 mm)</p>	
<p>PROFUNDIDAD AGUJERO=0,8 mm DIÁMETRO AGUJERO=0,799 mm</p>	<p>PROFUNDIDAD AGUJERO=0,874 mm</p>		

FIG.17

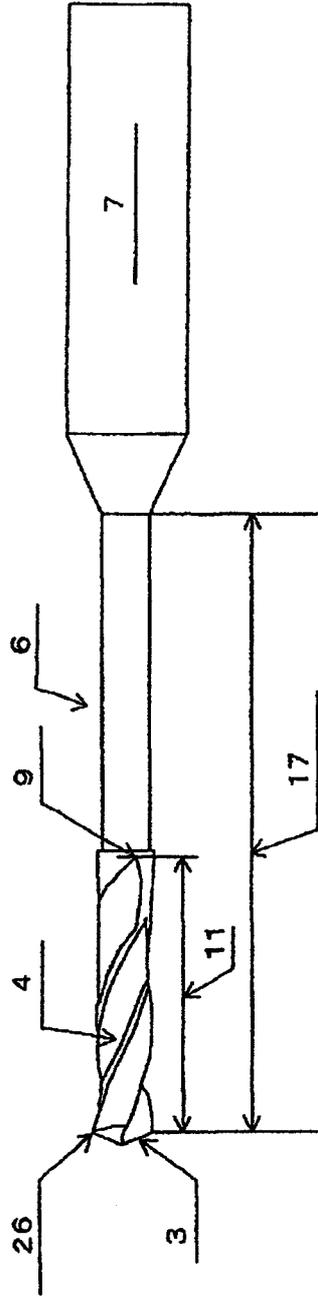


FIG.18

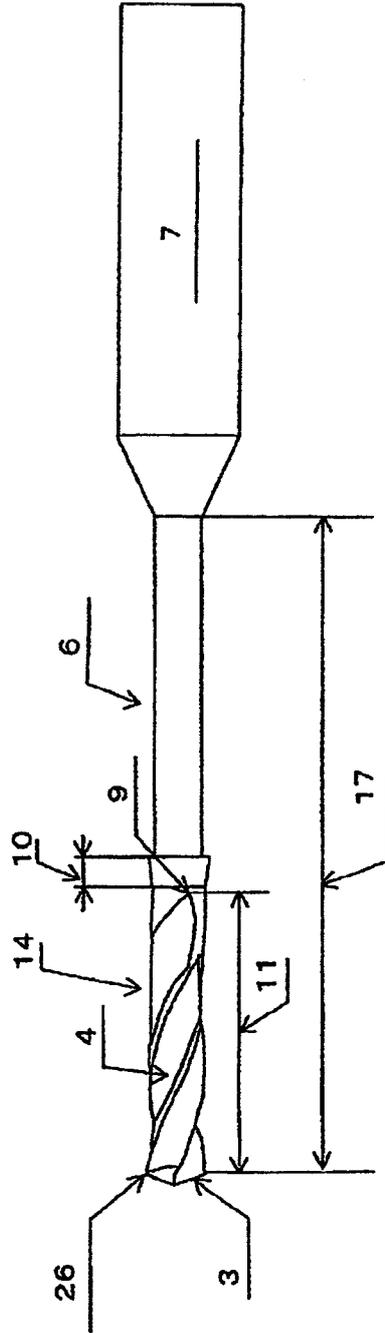
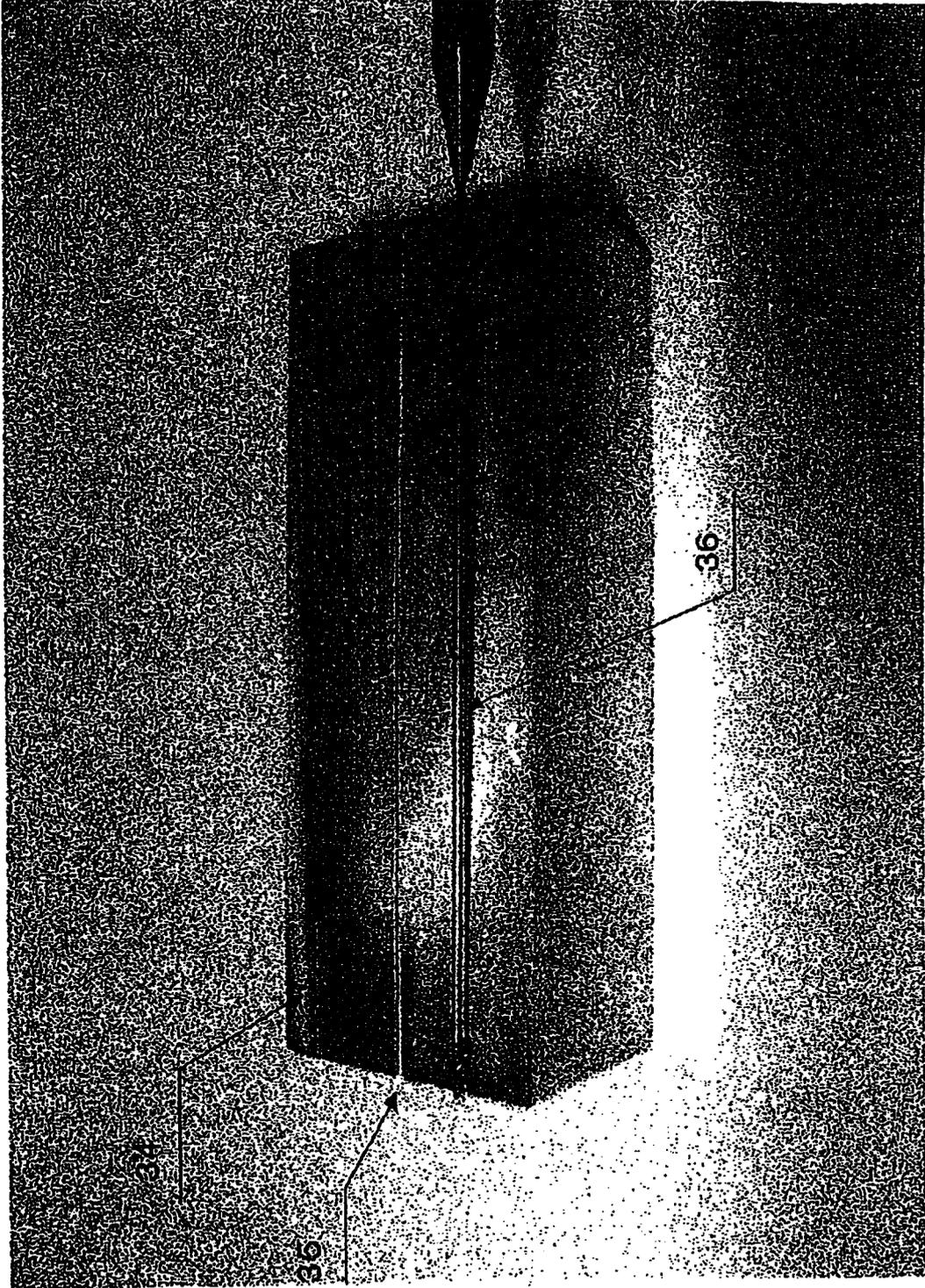


FIG.19



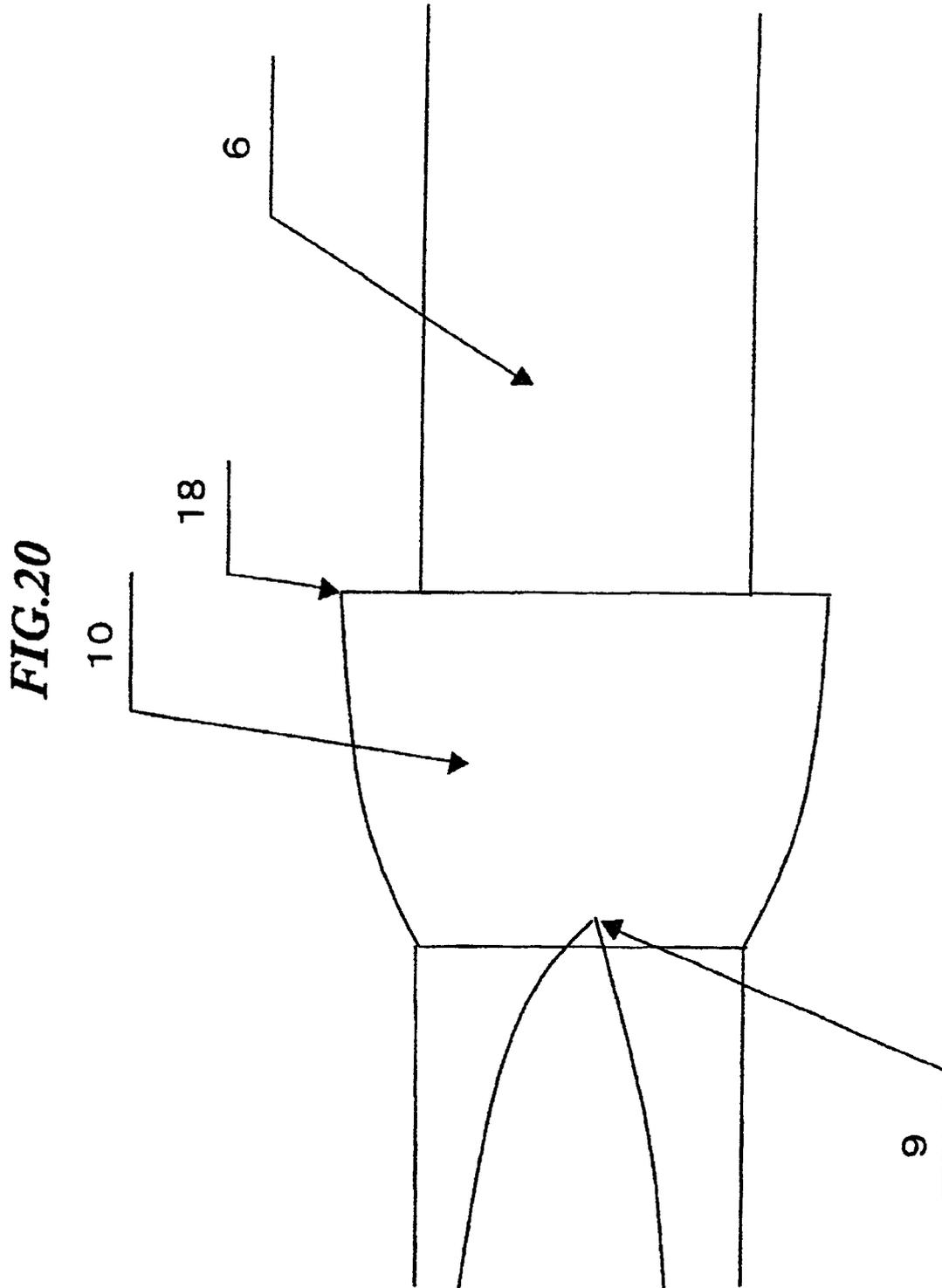
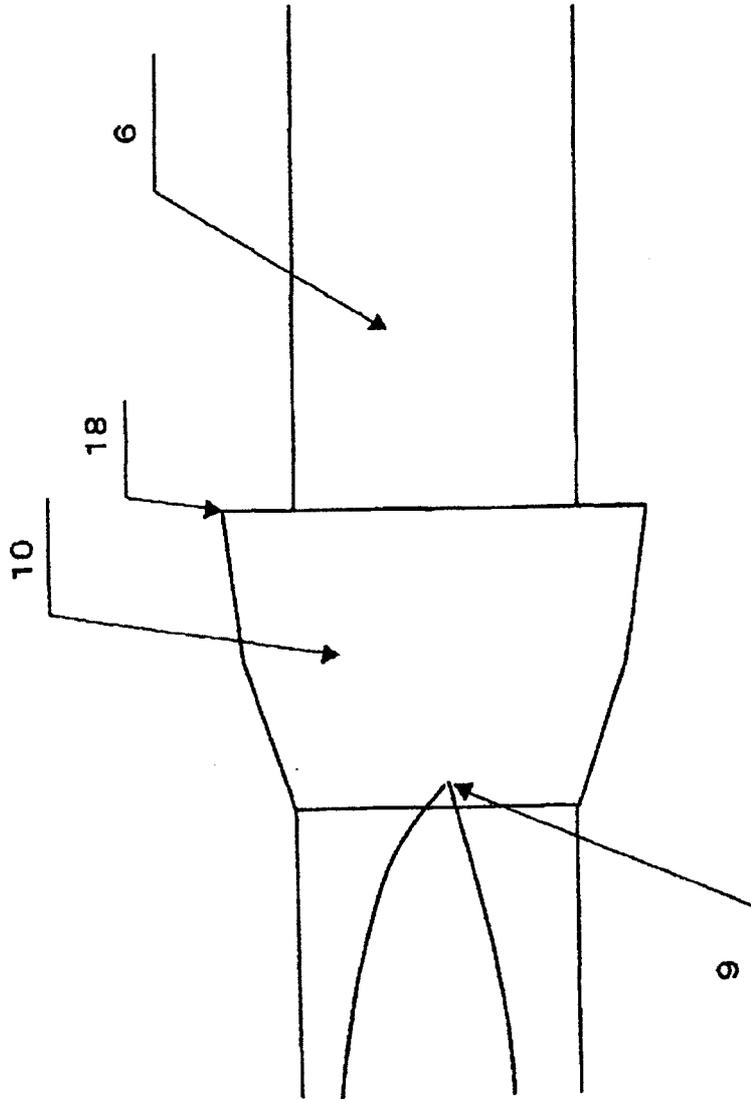


FIG.21



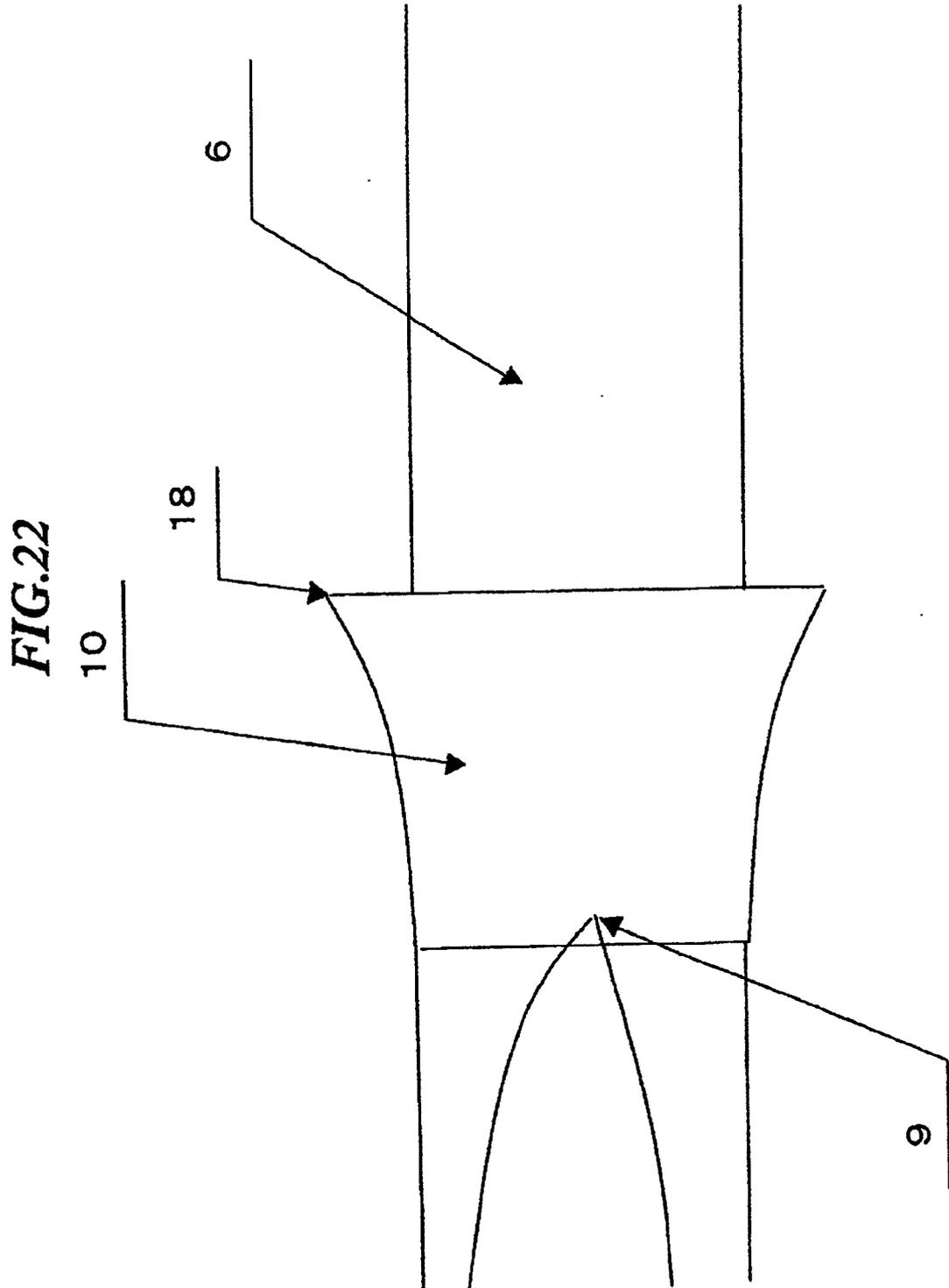


FIG.23

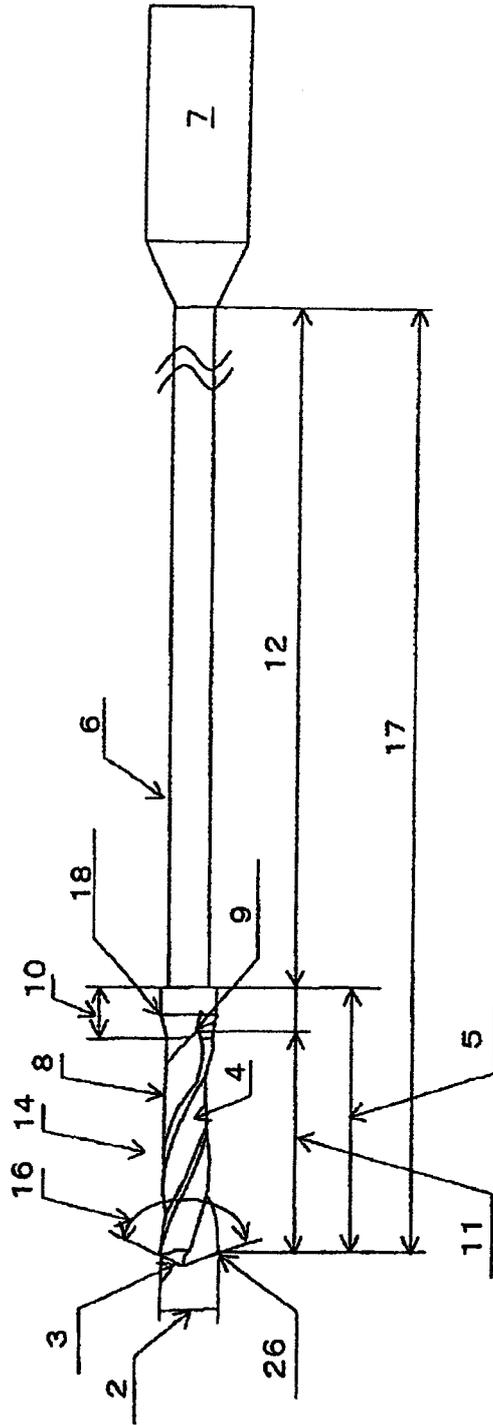


FIG.24

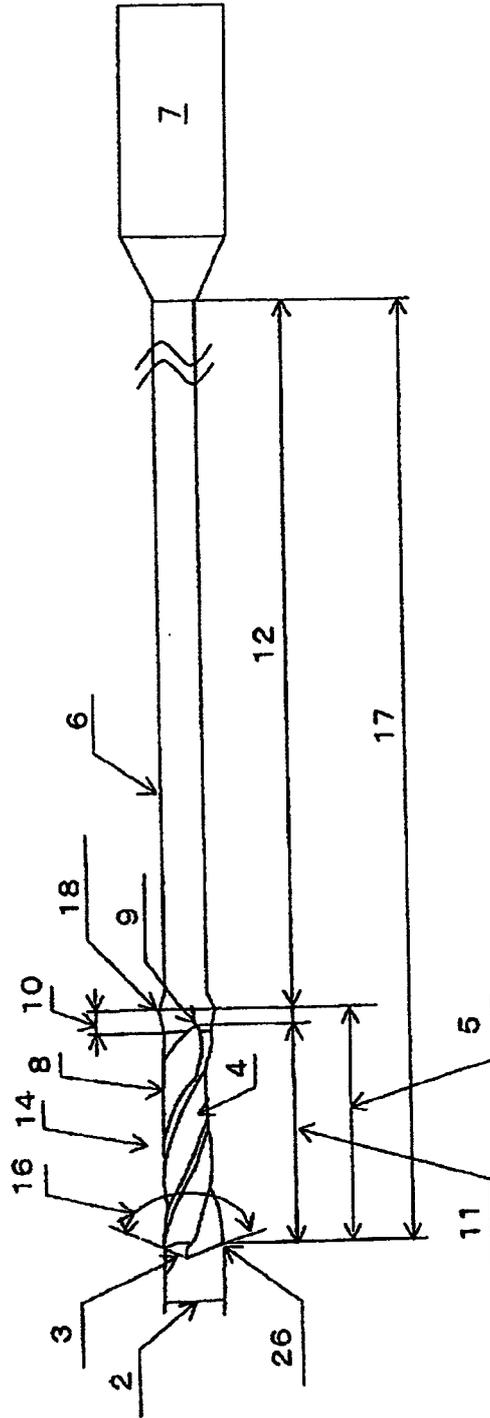


FIG.25

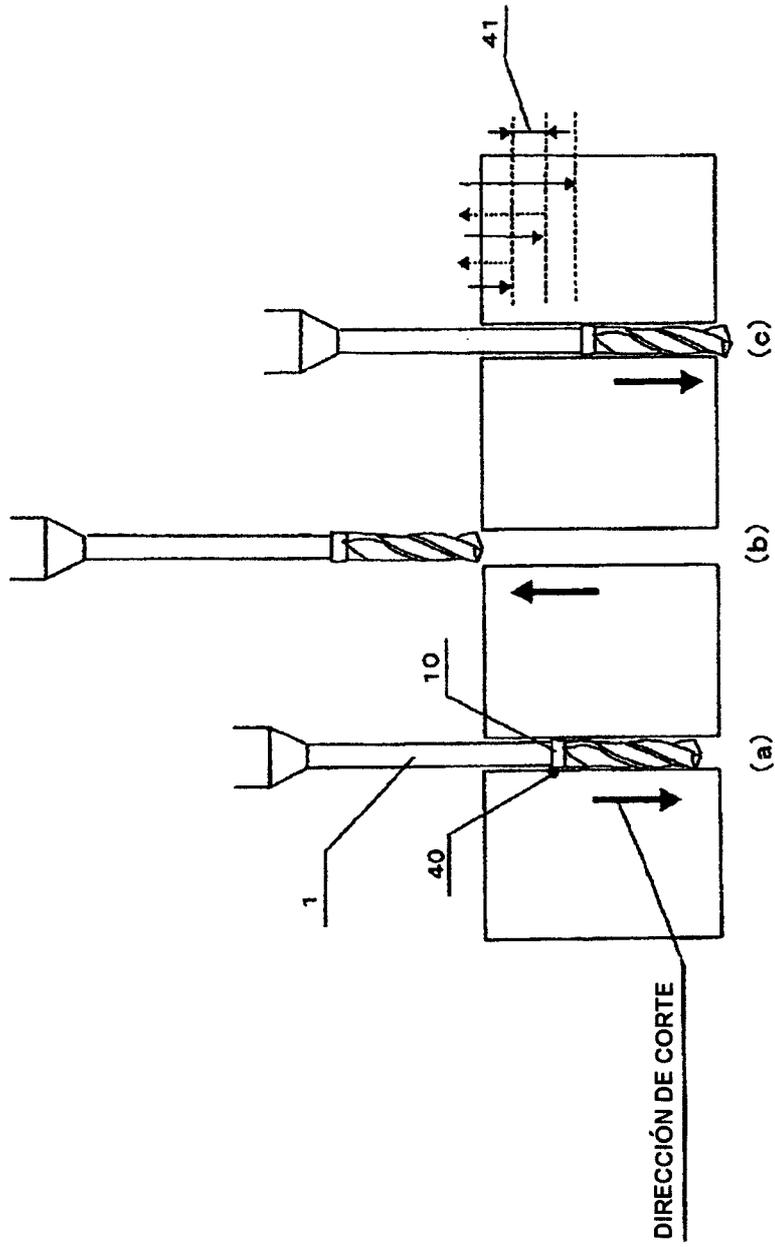


FIG.26(a)

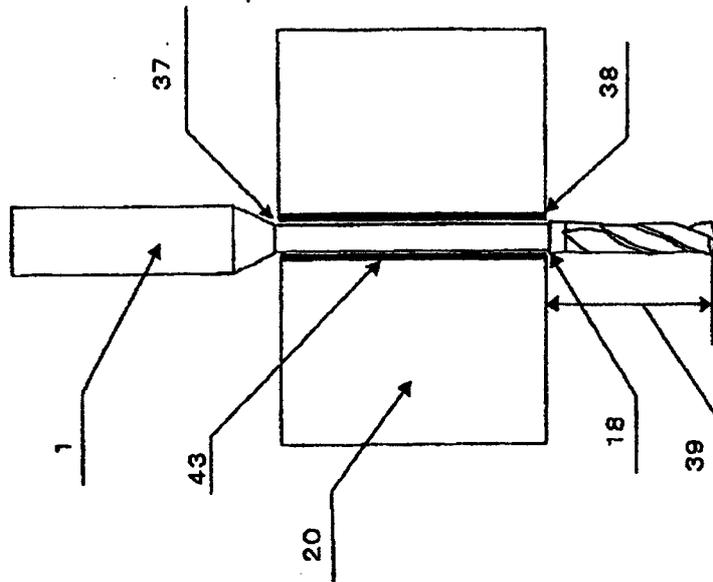


FIG.26(b)

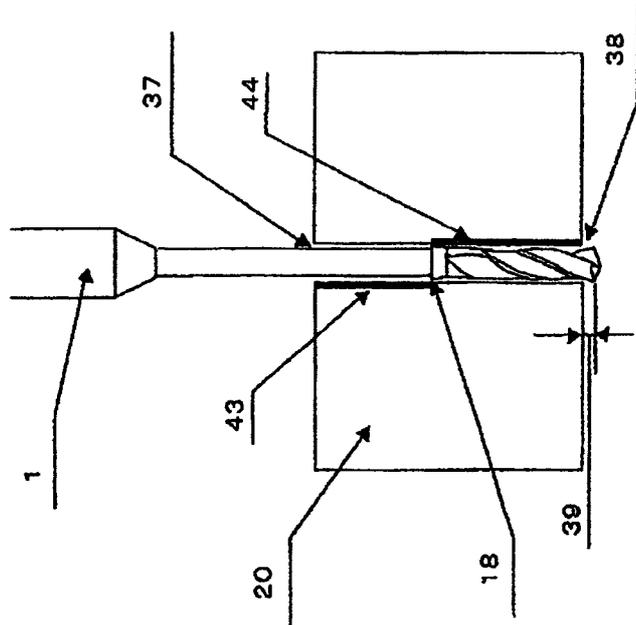


FIG.27

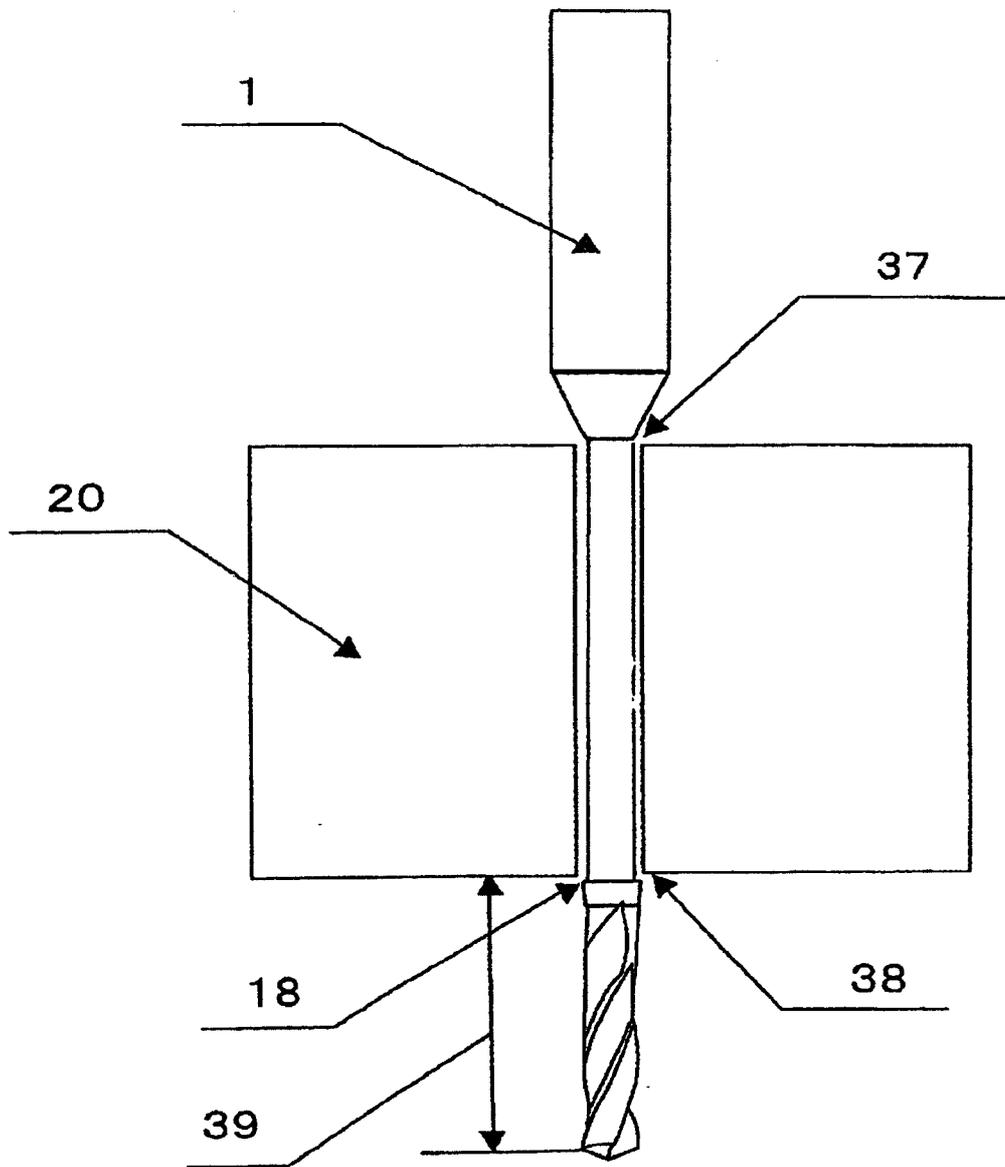


FIG.28

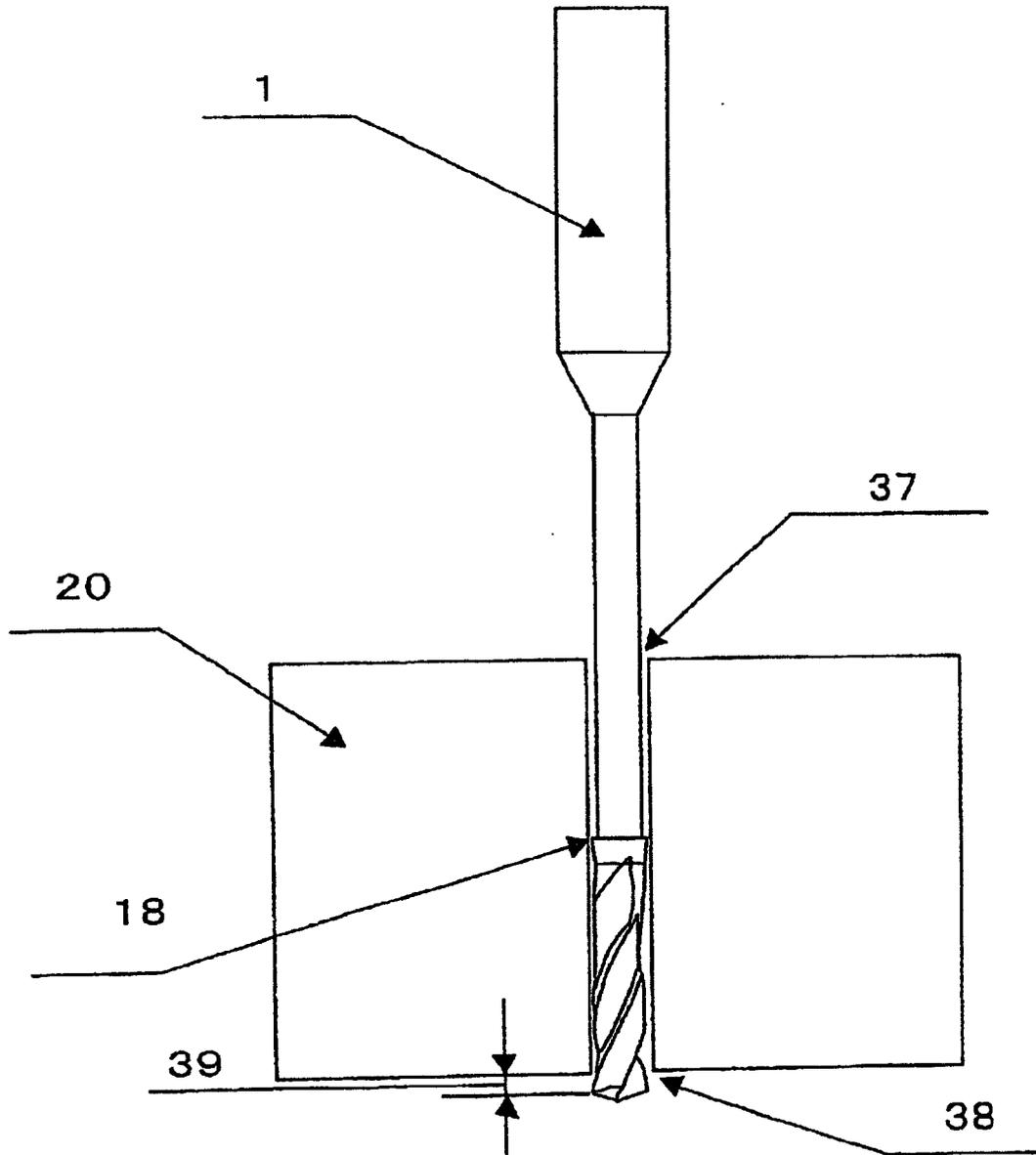


FIG.29

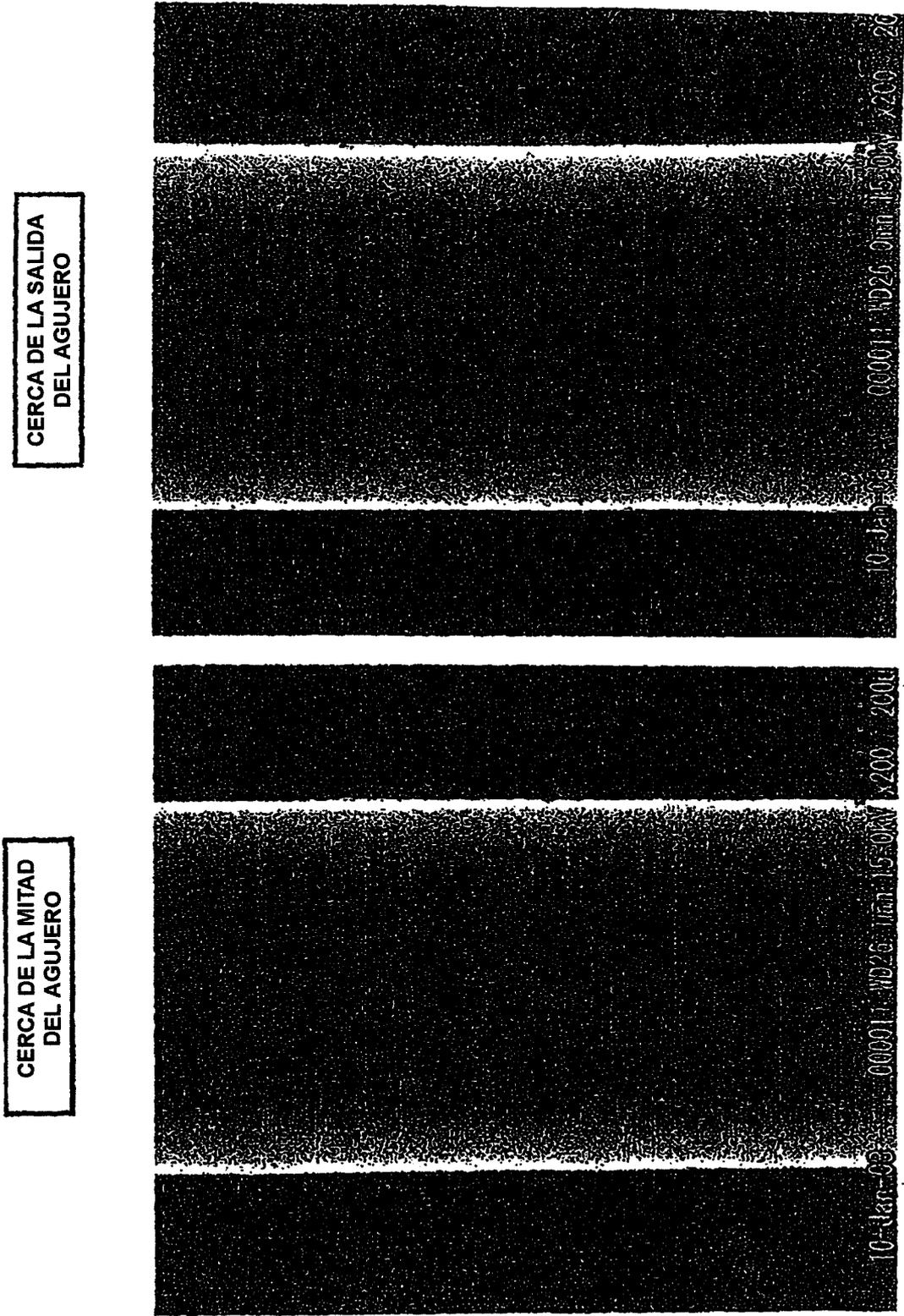


FIG.30

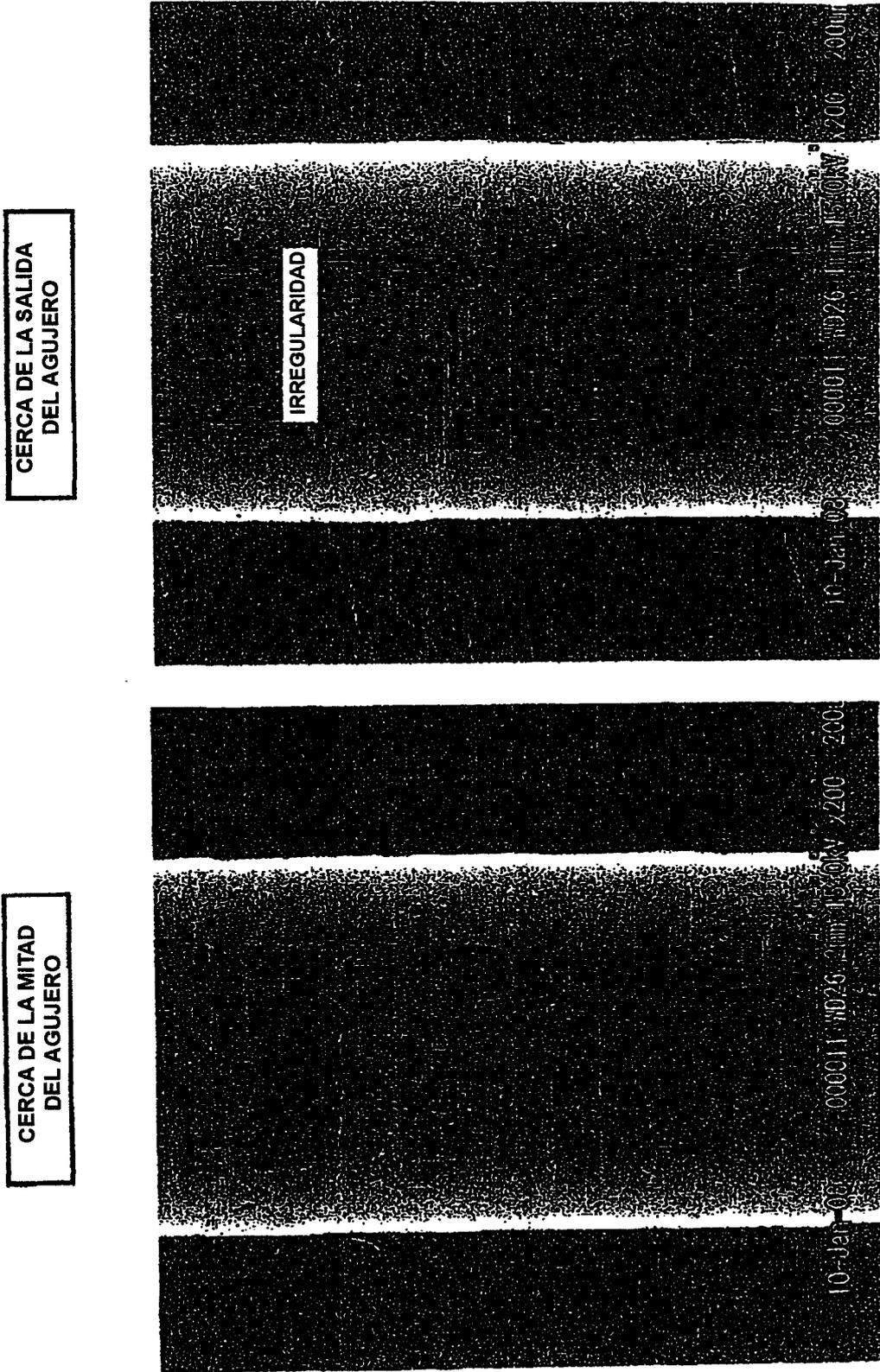


FIG.31

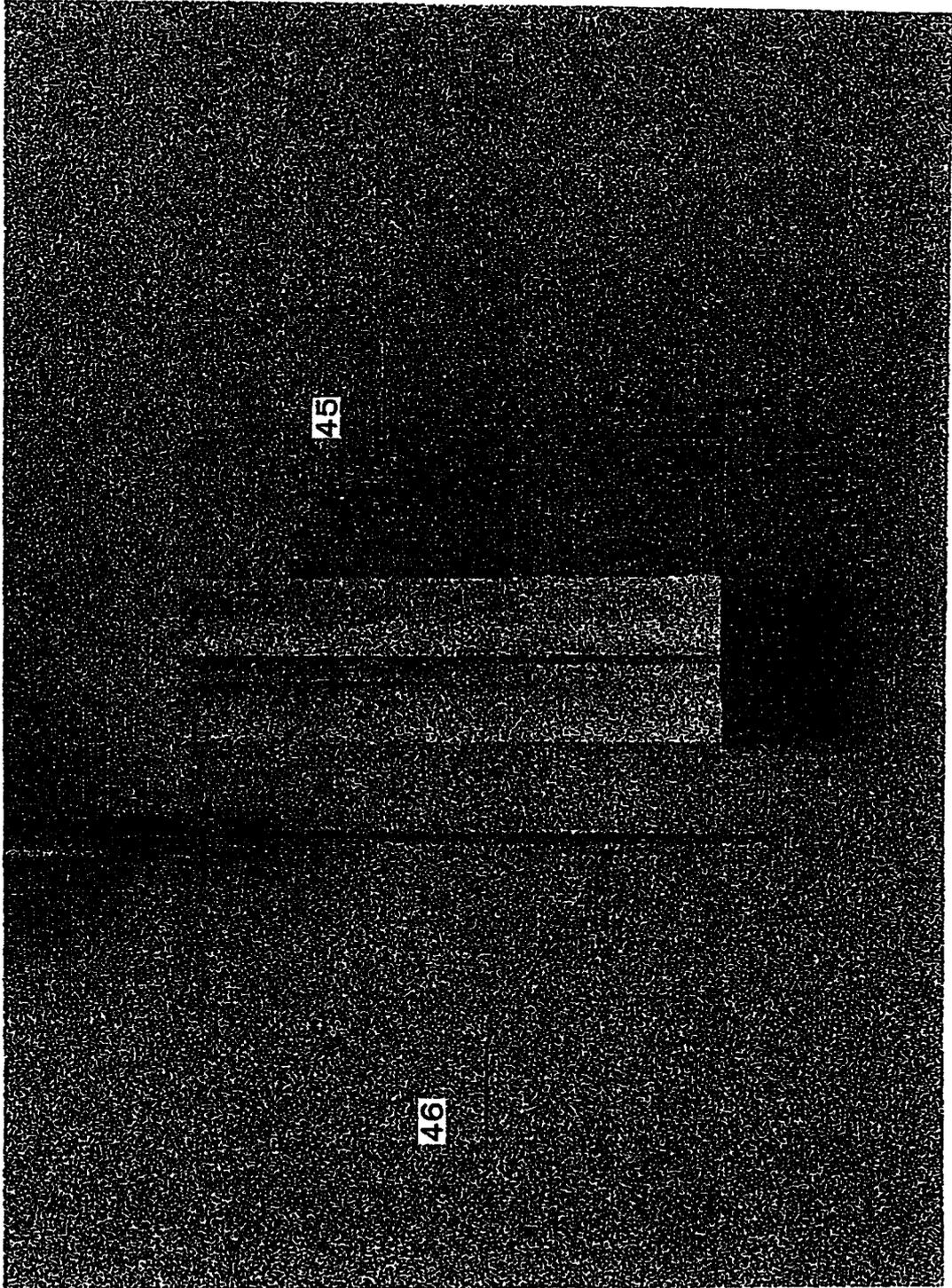


FIG.32(a)

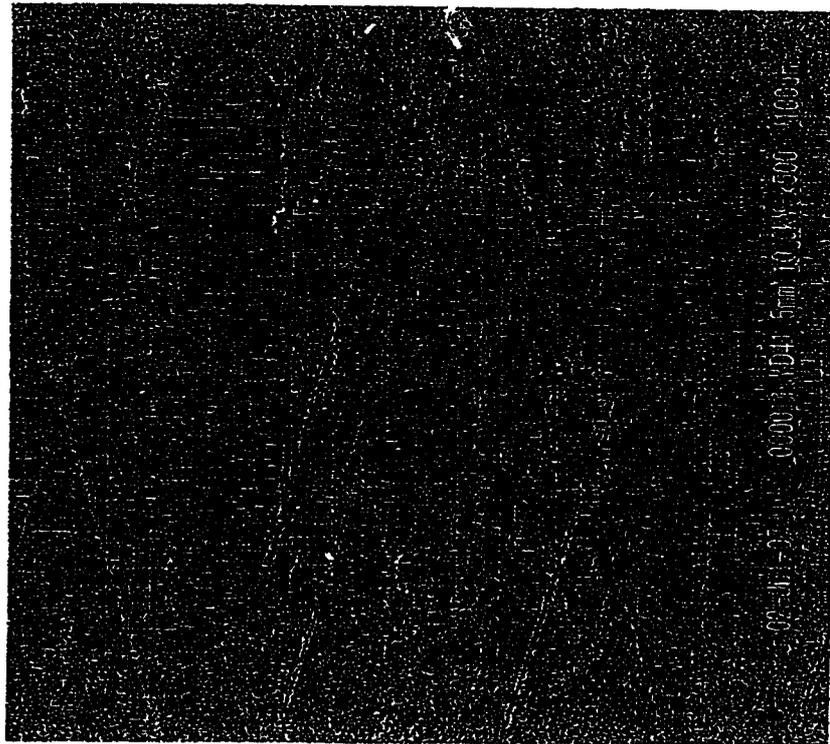


FIG.32(b)

