

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 629**

51 Int. Cl.:

B23C 3/00 (2006.01)

B23C 5/10 (2006.01)

G05B 19/4061 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2016 PCT/EP2016/000527**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016 WO16150575**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2016 E 16716824 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 3247520**

54 Título: **Método para mecanización con arranque de material de las superficies planas de una pieza a labrar**

30 Prioridad:

26.03.2015 DE 102015104679

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

06.02.2020

73 Titular/es:

**OPEN MIND TECHNOLOGIES AG (100.0%)
Argelsrieder Feld 5
82234 Wessling, DE**

72 Inventor/es:

**BRAMBS, PETER y
KOCH, JOSEF**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 740 629 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

Método para mecanización con arranque de material de las superficies planas de una pieza a labrar

La invención se refiere a un método para el mecanizado con arranque de material de superficies planas de una pieza a labrar por medio de un útil, en especial de una fresa.

5 A pesar de la sencilla geometría de las superficies planas, existen muy diversas estrategias de mecanizado, que se diferencian entre sí por los útiles empleados, las exigencias técnicas, la duración del acabado y la calidad superficial a conseguir. Tales superficies planas o bien planos se vuelven a encontrar en muchos componentes, en especial en la elaboración de útiles y de moldes.

10 Así, pues, se utiliza reiteradamente el fresado frontal para el mecanizado de superficies planas. En este caso, se mueve una fresa cilíndrica frontal o fresa radial, una fresa cilíndrica frontal con punta redondeada con la cara frontal sobre la superficie. Se trabaja, por ejemplo, paralelamente al contorno o por líneas con dirección constante o
15 alternante. En el campo de la mecanización de cavidades como se describe, por ejemplo, en el documento US 2013/0151000 A1 o en el US 8.489.224 B2, en los que un plano en el piso define la geometría básica, se emplean también formas de trayectoria más complejas, como espirales y trocoides. El útil queda de modo básicamente perpendicular sobre el plano en el fresado frontal, aunque puede situarse ligeramente avanzado en la dirección de
20 avance y/o lateralmente a la misma para adaptarse a las condiciones del corte. Aunque el fresado frontal se ha acreditado en la práctica para el mecanizado de planos libremente accesibles o bien "independientes", algunos inconvenientes son inherentes al fresado frontal. Por un lado, una mecanización de planos, cuyo mecanizado se dificulta por superficies limítrofes, sólo es posible muy limitadamente, cuando no queda totalmente excluido. Si
25 amenazase, por ejemplo, una colisión del portaútiles con una superficie limítrofe con el plano a mecanizar, debería entonces aumentarse la longitud de extensión, es decir, la longitud en la que el útil sobresale del portaútiles, lo que afectaría a la estabilidad si se conservase el diámetro del útil. Una mecanización de una cavidad, consistente, por ejemplo, en tres o más paredes laterales planas recíprocamente limítrofes y una superficie de piso, mediante fresado frontal es imposible, ya que el útil incluyendo el portaútiles y, dado el caso, componentes adicionales, como el
30 husillo, etc., la mayoría de las veces no encuentra sitio en el interior de la cavidad. Por otro lado, el útil debe pivotarse 90° en la mecanización de planos laterales de una pieza a labrar. En el caso de una pieza grande a labrar, no queda, sin embargo, con frecuencia en el espacio operativo de la máquina suficiente espacio para situar el útil pivotado con el portaútiles y los restantes componentes. La consecuencia es una transformación costosa en personal y tiempo y, por tanto, en costes de la pieza a labrar.

35 Alternativamente, se emplea la perforación para mecanizar superficies planas. En este caso, se conduce, por lo general, una fresa cilíndrica frontal en varias pasadas a lo largo de su eje verticalmente de arriba abajo en el plano a mecanizar, pudiéndose mover también eventualmente el útil con un cierto ángulo de inclinación respecto del plano. Evidentemente, la perforación también presenta considerables inconvenientes en la práctica. Con útil
40 suficientemente largo y dada una accesibilidad vertical, se pueden mecanizar incluso planos, que sólo pueden realizarse con dificultad con el fresado frontal. Un útil de semejante longitud está, sin embargo, repetidamente sometido a un fuerte abatimiento y al peligro de una mecanización inestable en conjunto. En caso, por el contrario, de que no se pueda aplicar un útil suficientemente largo para el plano, por ejemplo, porque no se ha dado la accesibilidad vertical, son inevitables una colisión del portaútiles y una mecanización completa imposible. Además, la perforación requiere un número muy elevado de pasadas verticales para conseguir una determinada precisión superficial, sobre todo porque el diámetro del útil no debe ser demasiado grande para poder mecanizar también
45 esquinas.

Además, se conoce el fresado por generación, que se utiliza preferentemente para mecanizar planos y superficies de conformación libre como se puede deducir, a modo de ejemplo, de los documentos US 5 391 024 A y US 2015/0032250 A1. Una fresa frontal cilíndrica se dirige, en este caso, paralelamente a un plano o superficie de conformación libre a mecanizar, se la lleva a hacer contacto y se la mueve ortogonalmente a su eje. De ese modo, se trabaja preferentemente con el flanco del útil. El fresado por generación posibilita por cierto, debido a la gran zona de ataque que resulta del mismo, mayores anchuras de paso que el fresado frontal o la perforación. Realmente, el fresado por generación se ha manifestado en la práctica asimismo como relativamente desventajoso para mecanizar planos debido a la problemática de colisiones y de estabilidad. A causa de la orientación del útil paralelamente al plano, la longitud de extensión debe corresponder por lo menos a la altura del plano para mecanizarlo completamente y libremente de colisiones. Una gran longitud de extensión aminora sin duda considerablemente la estabilidad del útil y, por consiguiente, la calidad del fresado. Para mejorar la estabilidad, se procedió a utilizar una fresa cónica con o sin superficie frontal esférica en lugar de una fresa frontal cilíndrica. Para llevar a hacer contacto el útil con el plano, se necesita un ajuste del mismo. La forma cónica del útil junto con la posición oblicua da lugar a un menor desvío, ya que se puede desviar una parte de las fuerzas de corte se en dirección hacia el eje del útil. La desviación reducida posibilita evidentemente mayores longitudes de extensión. No obstante, el portaútiles colocado oblicuamente a causa del ángulo del cono la mayoría de las veces pequeño no está, en general, suficientemente lejos del plano para evitar colisiones. En caso de situación desfavorable de las superficies limítrofes con el plano, tampoco existe, dado el caso, la posibilidad de llevar el útil a hacer contacto con el plano sin provocar una colisión del portaútiles con las superficies limítrofes. Especialmente desventajosas son además las abruptas transiciones entre la cuchilla cónica y el vástago o bien las superficies frontales planas o esféricas. Las transiciones,
55
60

especialmente en caso de apoyo total de la cuchilla, pueden dar lugar a huellas estriadas indeseadas en la pieza a labrar, precisamente también cuando los ejes de pivotamiento de la fresadora utilizada no trabajen con suficiente precisión.

5 Como una estrategia adicional para la mecanización de planos, se conoce también el fresado por rebordeado. El útil está perpendicularmente o formando un ángulo determinado con la superficie plana y se mueve por líneas. En este caso, se utiliza con máxima frecuencia una fresa esférica. Semejante mecanizado por líneas de superficies planas se describe, por ejemplo, en el documento JP 2011-251401 A, donde la fresa esférica se mueve utilizando un ángulo de avance respecto de un sentido de avance alternante para mejorar las condiciones de corte (fresado codireccional). Se revelado en la práctica como especialmente desventajoso al fresar por rebordeado la necesidad de que el útil o su superficie frontal esférica deba ser suficientemente estrecha para poder mecanizar también lugares estrechos. Aparte de eso, es necesaria una distancia relativamente pequeña del as líneas de mecanizado para posibilitar una precisión superficial prefijada. Ambas cosas dan como resultado un gran número de pasadas y un tiempo de mecanizado consecuentemente largo. El fresado por rebordeado para mecanizar superficies planas es por ello frecuentemente poco eficiente y, por tanto, no por último relativamente costoso.

15 Para solucionar la problemática de las colisiones, como se presenta en muchas estrategias de mecanizado con diferentes útiles, se propone adicionalmente en el documento JP 2011-183528 A un método, en el que el útil ha de inclinarse en las respectivas posiciones de la pasada del útil con respecto a la superficie a mecanizar. Una modificación del punto de contacto en el útil asociada en este caso queda sin considerarse y puede dar lugar según el tipo de útil a considerables inconvenientes. Además, no existe posibilidad alguna, por un lado, de controlar apropiadamente el ajuste del útil y, por otro, de hallar medidas independientes para evitar colisiones. Además, la inclinación del útil sirve exclusivamente para evitar colisiones con la propia superficie plana a mecanizar, aunque no para hacerlo con superficies limítrofes.

20 Como resultado, dichos conocidos métodos de fresado presentan considerables inconvenientes en relación con la viabilidad técnica, las posibilidades de evitar colisiones, la estabilidad y la eficacia así como los costes acompañantes.

25 A partir del documento DE 101 44 508 A1, se conoce un método de mecanización con arranque de material de una pieza a labrar mediante un útil, en especial un útil de fresado, con las características del preámbulo de la reivindicación 1 independiente. Para evitar colisiones del portaútiles de la fresa con secciones de pared situadas más altas que la pieza a labrar en la proximidad de la zona del piso, se coloca oblicuamente el eje de rotación de la fresa junto con su portaútiles alrededor de un ángulo de ajuste.

30 Además, el documento JP H08 252713 A describe un útil con un perfil de corte en forma de un paraboloides de rotación.

35 Finalmente, a partir del documento JP 2007 229849 A se conoce un útil con un contorno de corte con forma de arco circular, que se establece para mecanizar una estructura curvada de forma cóncava, que se define para mecanizar una estructura curvada de forma cóncava, donde para evitar colisiones entre el útil y el borde de la estructura curvada de forma cóncava se ha de modificar el ángulo entre el útil y la superficie a mecanizar.

40 Se le plantea, pues, a la presente invención el problema de disponer un método para la mecanización con arranque de material de superficies planas de una pieza a labrar mediante un útil, en especial de una fresa, con el que se puedan evitar los inconvenientes mencionados arriba, que posibilite, por tanto, junto con un mecanizado especialmente sencillo, rápido y al mismo tiempo practicable, eficiente así como libre de colisiones de superficies planas o bien de planos, que permita conseguir piezas a labrar con un acabado superficial marcadamente alto y acompañando con ello dé lugar a una reducción considerable de costes operativos y de acabado en conjunto.

Ese problema se resuelve de modo sorprendentemente sencillo mediante las características de la reivindicación 1.

45 Con la configuración del método según la invención para mecanizar con arranque de material superficies planas de una pieza a labrar mediante un útil, en especial una fresa, que es conducido lateralmente inclinado respecto de una superficie plana con un punto de contacto sobre la superficie plana y se mueve libre de colisiones, donde se mecaniza la superficie plana mediante un útil con perfil de corte configurado cónicamente convexo en un flanco del útil para evitar completamente una colisión por un lado del útil con un ángulo de pivotamiento paralelamente a la superficie plana y/o para evitar una colisión por dos lados del útil con por lo menos dos ángulos de pivotamiento mutuamente diferentes paralelamente a la superficie plana, donde la superficie plana se divide en por lo menos dos segmentos de mecanización para evitar la colisión por dos lados y se asigna a cada uno de los por lo menos dos segmentos de mecanización un ángulo de pivotamiento individual del útil para evitar colisiones, se posibilitan una mecanización eficiente así como libre de colisiones, especialmente sencilla, rápida y a la vez practicable de superficies planas o de planos. Una ventaja esencial del método según la invención consiste en la posibilidad de poder mecanizar también libre de colisiones superficies planas o bien planos de accesibilidad especialmente difícil, sin tener que asumir el elevado tiempo de mecanización de los métodos ya conocidos. Al mismo tiempo, se pueden conseguir superficies planas o bien planos de la pieza a labrar con un acabado superficial especialmente alto.

Finalmente, el método según la invención contribuye a una reducción considerable de los costes operativos y de acabado y, con ello, a los gastos conjuntos de la mecanización de superficies planas o bien planos.

De gran importancia muy especialmente para el método según la invención es el útil, en especial la fresa, con un perfil de corte configurado cónicamente convexo en un flanco del útil, que es conducido con un punto de contacto en la superficie plana o bien en el plano. Una ventaja esencial del método según la invención, que resulta del perfil de corte cónicamente convexo, se basa en la zona de ataque muy grande del útil, que se obtiene con ajuste adecuado de la superficie plana o bien del plano a mecanizar. No por último, resultante de ello, se puede conseguir con el método según la invención una anchura de paso considerablemente mayor consiguiendo la misma calidad superficial en relación con todos los métodos convencionales. Eso posibilita de nuevo una ganancia de tiempo de hasta un 90% y, por tanto, una reducción considerable de los gastos en conjunto en comparación con todos estos métodos convencionales. El método según la invención ofrece además la ventaja de que los puntos extremos del perfil de corte de un flanco del útil según la invención, al apoyar el perfil del corte cónicamente convexo respecto de una forma cónica plana sobre la superficie plana o bien el plano, presentan una determinada distancia de la superficie de la pieza a labrar y, por tanto, no dejan huella alguna. Además, es especialmente ventajosa la tolerancia a conseguir con el método según la invención respecto de desviaciones angulares de la máquina. Si no se puede ajustar con precisión, por ejemplo, un ajuste prefijado del útil, debido a desigualdades de los ejes de pivotamiento de la máquina, el contorno de corte, cónicamente convexo o bien ligeramente abollado convexamente en un flanco del útil según la invención, puede compensar desigualdades angulares de la máquina. Así, pues, el perfil de corte del flanco de la máquina permanece casi invariablemente atacando la pieza a labrar y produce una imagen de fresado homogénea. En contraste con ello, las desigualdades angulares en un perfil de corte cónico plano en el flanco del útil darían lugar a que el contorno de corte ya descansase exactamente, por tanto no cortase homogéneamente y, en caso de mecanización por líneas, causase efectos de escalera indeseados en la superficie de la pieza a labrar.

Más detalles especialmente ventajosos del método según la invención se describen en las reivindicaciones 2 a 17. De acuerdo con las características de la reivindicación 2, se inclina lateralmente el útil preferiblemente respecto de la superficie plana, de tal modo que el punto de contacto del perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil, descansase sobre la superficie plana en una zona superior, dirigida hacia el vástago del útil.

Dentro del marco de la invención queda también que, según la reivindicación 3, el útil es conducido preferiblemente por líneas de abajo a arriba sobre la superficie plana y se inclina lateralmente respecto de la superficie plana de tal modo que el punto de contacto del perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil, descansase sobre la superficie plana en una zona entre el centro del perfil de corte y una zona superior, dirigida hacia el vástago del útil.

Se ha previsto además ventajosamente que según las medidas de la reivindicación 4, el útil sea conducido por líneas de arriba a abajo sobre la superficie y se incline lateralmente respecto de la superficie plana de tal modo que el punto de contacto del perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil, descansase sobre la superficie plana en una zona entre el centro del perfil de corte y una zona inferior, dirigida hacia la superficie frontal o bien la cara frontal o bien el frente del útil.

Además, las características de la reivindicación 5 son ventajosas, por cuanto el útil se inclina lateralmente respecto de la superficie plana de tal modo que el punto de contacto del perfil de corte, configurado cónicamente convexo descansase en el flanco del útil, en una superficie plana de una zona inferior, orientada hacia la superficie frontal o bien cara frontal o bien frente del útil.

Preferiblemente, la inclinación lateral del útil se conserva inalterable respecto de la superficie plana durante toda la mecanización, según la reivindicación 6.

Según las medidas de la reivindicación 7, queda en el marco de la invención que la ausencia de colisiones y las posibles colisiones por un lado y/o por dos lados se comprueben con la geometría de la pieza a labrar.

Preferiblemente, se calcula/calculan la pista/las pistas del útil según la reivindicación 8 para la superficie plana y/o los por lo menos dos segmentos de mecanización.

De interés muy especial son las medidas de la reivindicación 9, según las cuales el útil es conducido por líneas sobre la superficie plana o sobre los al menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana.

En este contexto, entra dentro del marco de la invención que el útil según la reivindicación 10 sea conducido por líneas horizontales y/o diagonales sobre la superficie plana o los al menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana.

Son especialmente ventajosas las características de la reivindicación 11, según las cuales la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana es/son mecanizados por líneas mediante el útil, interpolándose continuamente el ángulo de pivotamiento del útil del por lo menos un segmento de mecanización al ángulo de pivotamiento del útil del por lo menos otro segmento de mecanización y viceversa.

- Preferiblemente se mecaniza/mecanizan preferiblemente la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana, según la reivindicación 12, por medio de un útil cuyo perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil, se conforma por medio de un perfil cónico con un ángulo cónico entre el perfil cónico y el eje del útil y una abolladura convexa saliente del contorno cónico y el eje del útil y una abolladura convexa saliente del contorno cónico.
- Además, se mecaniza/mecanizan la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana de modo más ventajoso según la reivindicación 13 por medio de un útil cuyo perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil como segmento circular o segmento elíptico, se configura con un gran radio de curvatura, en especial ≥ 250 mm, preferiblemente ≥ 500 mm.
- Según la reivindicación 14, se mecaniza/mecanizan la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana mediante un útil, cuyo perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil, se configura como segmento circular, segmento elíptico o segmento de curva con un radio R_k de curvatura constante o variable.
- Por lo demás, se ha previsto de modo muy ventajoso que la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana según la reivindicación 15 se mecanice/mecanicen mediante un útil, cuyo perfil de corte, configurado cónicamente convexo, se configure simétrica o asimétricamente en el flanco del útil.
- Preferiblemente, se mecaniza/mecanizan la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización según la reivindicación 16 mediante un útil, cuyo perfil de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco del útil, se convierta directamente en el vástago del útil.
- Preferiblemente se mecaniza/ mecanizan la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana, según la reivindicación 16, mediante un útil, cuyo contorno de corte configurado cónicamente convexo en el flanco del útil se convierte indirectamente en el vástago del útil a través de de una transición redondeada. Dicha transición redondeada o bien el redondeado refuerza aún más la ya mencionada ventaja del método según la invención, por lo que los puntos extremos del perfil de corte del útil presentan una cierta separación respecto de la superficie del útil al descansar el perfil de corte cónicamente convexo junto/en la superficie plana o bien el plano y, por consiguiente, no deja huellas en la pieza a labrar mecanizada. Además, la transición redondeada facilita en muchos casos el mecanizado de zonas difícilmente accesibles entre superficies (planas) mutuamente limitrofes.
- Finalmente, queda también dentro del marco de la invención que, según la reivindicación 17, se mecanice/mecanicen la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana mediante un útil, cuyo perfil de corte configurado cónicamente convexo en el flanco del útil se convierta en una superficie frontal o bien cara frontal o bien frente del útil.
- Alternativamente, la superficie plana o los por lo menos dos segmentos de mecanización de la superficie plana también puede/pueden finalmente, según la reivindicación 17, mecanizarse mediante un útil, cuyo contorno de corte configurado cónicamente convexo en el flanco del útil se convierta en una superficie frontal o bien cara frontal o bien frente esféricos del útil.
- Características, ventajas y detalles adicionales de la invención se obtienen a partir de la siguiente descripción de algunas formas de realización preferidas de la invención así como a base de los dibujos. En este caso las figuras muestran:
- Figs. 1a y 1b un alzado lateral esquemático parcialmente cortado de una forma de realización de un útil según la invención, y un alzado lateral esquemático parcialmente cortado de la forma de realización del útil según la invención según la figura 1a, en representación ampliada,
- Figs. 2a y 2b alzados laterales esquemáticos, parcialmente cortados de otra forma de realización más de un útil según las figuras 1a y 1b,
- Figs. 3a y 3b alzados laterales esquemáticos, parcialmente cortados de otra forma de realización de un útil según la invención de acuerdo con las figuras 1a y 2a,
- Figs. 4a y 4b alzados laterales esquemáticos, parcialmente cortados de otra forma de realización más de un útil según la invención de acuerdo con las figuras 1a y 2a,
- Figs. 5a a 5c una vista esquemática en perspectiva, de un alzado delantero y de un alzado lateral, respectivamente parcialmente cortados, de una pieza a labrar y de un útil configurado según la invención para explicar un primer paso del método según la invención,
- Figs. 6a a 6d alzados laterales esquemáticos, parcialmente cortados, de la pieza a labrar y del útil según la invención de acuerdo con la figura 5c, en representación ampliada,

- Fig. 7 una vista esquemática en perspectiva, parcialmente cortada de una pieza a labrar con diversas superficies planas o bien planos,
- Figs. 8a a 8c alzados laterales esquemáticos, parcialmente cortados de la pieza a labrar según la figura 7 junto con un útil según la invención con diferente inclinación lateral,
- 5 Figs. 9a a 9c vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas, y un alzado lateral de una forma de realización de una pieza a labrar con un útil según la invención para explicar un segundo paso del método según la invención,
- 10 Figs. 10a a 10g vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas y un alzado lateral de una pieza a labrar con un útil según la invención de acuerdo con las figuras 9a a 9c, en diferentes posiciones de profundidad del útil,
- Figs. 11a a 11g vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas y un alzado lateral de otra forma de realización de una pieza a labrar con un útil según la invención de acuerdo con las figuras 9a a 9c, en diferentes posiciones de profundidad del útil,
- 15 Figs. 12a a 12g vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas y un alzado lateral de la forma de realización de la pieza a labrar con el útil según la invención de acuerdo con las figuras 9a a 11g para explicar un tercer paso del método según la invención,
- Figs. 13a a 13f vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas, y un alzado lateral de la forma de realización de la pieza a labrar con el útil según la invención de acuerdo con las figuras 11a a 11g para explicar el tercer paso del método según la invención.
- 20 Figs. 14a a 14g vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas de la forma de realización de la pieza a labrar con el útil según la invención de acuerdo con las figuras 13a a 13f para explicar un tercer paso modificado del método según la invención,
- Figs. 15a y 15b vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas de la forma de realización de la pieza a labrar con el útil según la invención de acuerdo con las figuras 13a a 13f para explicar un tercer paso aún más modificado del método según la invención, y
- 25 Figs. 16a a 16f vistas esquemáticas en perspectiva, parcialmente cortadas de las formas de realización precedentes de la pieza a labrar con el útil según la invención para explicar un cuarto paso del método según la invención, y
- 30 Figs. 17a y 17b una vista esquemática en perspectiva de una pieza a labrar con una cavidad con superficie de fondo plana, y un alzado lateral esquemático, parcialmente cortado de una pieza a labrar con una cavidad con superficie de piso plana según la figura 17a, junto con un útil según la invención de acuerdo con las figuras 4a y 4b.

En la siguiente descripción de diversas formas de realización de un útil 10 configurado según la invención y de un método según la invención para la mecanización con arranque de material mediante un útil 10, se han provisto componentes iguales mutuamente correspondientes de idénticos números de referencia respectivamente. El útil 10 se puede configurar sin limitación alguna de la invención, por ejemplo, como útil de fresar o bien fresa.

En la forma de realización de un útil 10 previsto para el método según la invención, que se ha representado en las figuras 1a y 1b, en especial de un útil para fresar, el útil 10 comprende un vástago 12 y una cuchilla 14 unida al vástago 12. La cuchilla 14 se dispone en un flanco 16 del útil 10 y está provista de un perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo.

Con la formulación ya utilizada antes como después de "útil con perfil de corte cónicamente convexo" se ha de entender, por consiguiente, un útil 10 con una forma, que está configurada por un ángulo cónico, es decir, el ángulo entre el eje 19 del útil y el útil 10 según la vertical de las figuras 1b y 2b y el perfil cónico según la línea de puntos de las figuras 1b y 2b, y un a abolladura convexa con un radio R_k de curvatura.

45 Por consiguiente, el útil 10 presenta un perfil 18 de corte de forma casi cónica, que no discurre cónicamente (linealmente), sino según una forma ligeramente convexa ligeramente abultada. De ese modo, se puede mejorar considerablemente la calidad superficial en una superficie plana de una pieza a labrar sobre todo debido a la tolerancia del útil 10 respecto desigualdades mecánicas. No obstante, al mismo tiempo se pueden aprovechar ventajas de un útil configurado de modo puramente cónico, como por ejemplo una gran anchura de transición (en la invención tanto mayor, cuanto mayor sea el radio R_k de curvatura) o una propiedad ventajosa que evita colisiones de un perfil de corte puramente cónico, mediante el cual el vástago del útil o el portaútil se inclinan hacia fuera lejos del plano al adaptarse a las curvas.

La superficie 30 plana o los por lo menos los dos segmentos 44, 44', 44" de mecanización de la superficie 30 plana se mecaniza/mechanizan mediante un útil 10, cuyo perfil 18 de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco

16 del útil 10, está formado por un perfil cónico con un ángulo cónico entre el perfil cónico y el eje del útil 10 y un abombamiento convexo que sale del perfil cónico.

5 Como especialmente ventajoso se ha manifestado un perfil 18 configurado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10, que se ha conformado como segmento circular o segmento elíptico o segmento de curva con un gran radio R_k de curvatura, en especial $R_k \geq 250$ mm, totalmente preferido ≥ 500 mm.

Adicionalmente, el perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10 se puede configurar de modo más ventajoso como segmento circular, segmento elíptico o segmento de curva con un radio R_k de curvatura constante o variable.

10 En la presente forma de realización según las figuras 1a y 1b, se ha configurado simétricamente el perfil 18 de corte realizado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10, es decir, de tal modo que la desviación del recorrido plano sea lo mayor posible en el centro. Sin ser representado en detalle, el perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo puede configurarse evidentemente asimismo asimétricamente.

Tal como lo muestran las figuras 1a y 1b, se ha dispuesto el perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10 directamente adyacente al vástago 12 del útil 10.

15 Además, el perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo se convierte en una superficie 20 frontal plana o bien cara frontal o bien frente del útil 10, desemboca casi en ella.

20 La forma de realización del útil 10 previsto para el método de la invención, que se ha representado en las figuras 2a y 2b, se diferencia de la de las de las figuras 1a y 1b únicamente en que el útil 10 en vez de estar dotado de una superficie 20 frontal plana, está dotado adicionalmente de una superficie 22 frontal o bien cara frontal o bien frente esférico. El perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo se convierte con ello en una superficie 22 frontal o bien cara frontal o bien frente esférico del útil 10.

25 En las figuras 3a y 3b, se ha presentado aún una realización más del útil 10 previsto para el método de la invención, en la que el perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10 se ha dispuesto indirectamente adyacente al vástago 12 del útil 10. Además, hay una transición 24 adicional, redondeada entre el vástago 12 y el flanco 16 del útil 10.

30 Las figuras 4a y 4b muestran además una forma de realización más, a modo de ejemplo, de un útil 10, la cual es apropiada en especial para la mecanización de superficies 30 planas horizontales, por ejemplo, superficies de piso de cavidades. El perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10 discurre, en este caso, con una dirección más empinada (el ángulo cónico del perfil cónico que sirve de base es mayor). En la forma de realización de las figuras 4a y 4b, se ha provisto el útil 10 de superficie 22 frontal o bien cara frontal o bien frente esférico según las figuras 2a y 2b y con transición 24 redondeada, adicional entre el vástago 12 y el flanco 16 según las figuras 3a y 3b. Sin haberse representado en detalle, son posibles asimismo sin más formas de realización sin esos elementos de forma adicionales o en otra configuración.

35 En el empleo en la máquina, se fija el útil 10, como se muestra esquemáticamente en la figura 5a, mediante el vástago 12 en un soporte 26, el cual está conectado a su vez al husillo 28 de la máquina. La geometría del soporte depende del tipo. La longitud de extensión, es decir, la longitud del útil 10 que sobresale del soporte 26 es variable.

40 El método de la invención es apropiado de modo muy ventajoso para mecanizar con arranque de material de superficies 30 planas o bien planos de una pieza 32 a labrar mediante el útil 12 en forma, en especial, de una fresa. El corte 14 de útil 10 presenta una forma configurada cónicamente convexa, que se aprovecha para conseguir una mecanización de 5 ejes sin colisiones de las superficies planas.

El método de la invención se compone de los siguientes pasos de método distintos, que puramente a modo de ejemplo se explica más detalladamente a base de la configuración especialmente ventajosa del útil 10 con una superficie 22 frontal esférica y una transición 24 redondeada sin quedar limitado por ello:

45 En un primer paso, se determina según las figuras 5a a 8c la inclinación lateral del útil 10 respecto de la superficie 30 plana o bien del plano, es decir, la inclinación separada de la superficie 30 plana. El objetivo es, en este caso, ajustar adecuadamente el perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo a la superficie 30 plana o bien al plano.

50 Tal como muestran esquemáticamente las figuras 5a a 5c, se ajusta la inclinación α lateral respecto de la vertical o bien en el presente ejemplo de realización, respecto la superficie 30 plana o bien el plano que discurre verticalmente, de tal modo que el perfil 18 de corte del útil 10 toque el plano en un punto 34 de contacto.

La forma 18 cónico convexa del corte 14 limita el ángulo α de inclinación a un intervalo relativamente pequeño. La elección del ángulo α de inclinación dentro de este intervalo es discrecional y determina la posición exacta del punto 34 de contacto en el útil 10.

Se han representado puntos 34 de contacto ventajosos en las figuras 6a a 6d por elección adecuada del ángulo α de contacto:

5 En la figura 6a, se encuentra el punto 34 de contacto del perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo en el flanco 16 del útil 10 en la superficie 30 plana en una zona 36 superior, orientada hacia el vástago 12 del útil 10. En el ejemplo de realización de la figura 6a, el punto 34 de contacto es directamente vecino a la transición 24 redondeada.

En la figura 6b, el punto 34 de contacto del perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo queda en la superficie 30 plana en una zona 38 entre el centro del perfil 18 de corte y una zona 36 superior, que está orientada o bien es adyacente al vástago 12 del útil 10.

10 En la figura 6c, el punto 34 de contacto del perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo se ha dispuesto en la superficie 30 plana en una zona 40, que queda entre el centro del perfil 18 de corte y una zona 42 inferior que está orientada o bien es adyacente a la superficie 22 frontal o bien a la cara frontal o bien al frente del útil 10.

15 Finalmente, en la figura 6d, el punto 34 de contacto del perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo queda en la superficie 30 plana en una zona 42 inferior, que está orientada hacia la superficie 22 frontal o bien la cara frontal o bien el frente del útil 10. En el ejemplo de realización de la figura 6d, el punto 34 de contacto con la superficie 22 frontal o bien la cara frontal o bien el frente del útil 10 es directamente adyacente.

La elección y determinación del ángulo α de inclinación y con ello del punto 34 de contacto se puede aprovechar en muchas situaciones de modo más ventajoso, aunque al mismo tiempo de manera diferente.

20 Para elaborar zonas de transición entre superficies 30 planas o bien planos más exactamente, es ventajosa la elección del punto 34 de contacto en una mecanización, como se muestra en la figura 6a, donde el ángulo entre las dos superficies limítrofes sea muy grande.

En una mecanización por líneas de una superficie 30 plana o bien de un frente de arriba hacia abajo es nuevamente preferible un punto 34 de contacto en o por encima del centro, como se muestra en la figura 6b, ya que se asegura un solape óptimo de líneas seguidas mutuamente y se puede mecanizar el extremo superior de la superficie 30 plana.

25 Al contrario, es ventajoso en una mecanización por líneas de arriba abajo un punto 34 de contacto en o por debajo del centro, como se ha mostrado en la figura 6c, ya que así se asegura, por un lado, un solape óptimo de líneas consecutivas (especialmente ventajoso es, en este caso, un punto 34 de contacto, cuya distancia al extremo inferior del perfil 18 de corte sea igual a la separación de las líneas) y, por otro, se pueda alcanzar mejor el extremo inferior de la superficie 30 plana. Eso especialmente en el caso de que allí limite una superficie de piso (no mostrada).

30 Para que las zonas de transición entre superficies 30 planas o bien planos funcionen mejor, puede resultar ventajosa en una mecanización la elección del punto 34 de contacto, como se muestra en la figura 6d, donde el ángulo entre las dos superficies limítrofes sea más bien pequeño.

En la figura 7, se ha representado, a modo de ejemplo, una superficie 30 plana o bien un frente, cuya mecanización se dificulta por dos superficies 30', 30" planas más, que lo limitan por arriba y por abajo.

35 La superficie 30 plana, como se muestra en la figura 8a, se mecaniza con un punto 34 de contacto en la zona 38 o 40 central de la cuchilla 14 de acuerdo con la figura 6b o 6c, lo que resulta óptimo para la exactitud superficial.

40 La zona de transición entre la superficie 30 plana y la superficie 30' plana situada encima, como se ha representado en la figura 8b, se puede conseguir aún mejor con un punto 34 de contacto en la zona 36 superior de la cuchilla 14 según la figura 6a. Así puede encajar también la transición 24 redondeada adicional para el vástago 12 de modo ventajoso.

45 Para la zona de transición entre la superficie 30 plana y la superficie 30" plana inferior o bien la superficie del piso, como se muestra en la figura 8c, se ofrece nuevamente un punto 34 de contacto de la zona 42 inferior de la cuchilla 14 de acuerdo con la figura 6d. Así, pues, el útil 10 puede avanzar más profundamente que conservando un punto 34 de contacto, que se encuentre exactamente o cerca en una zona 38 o 40, es decir, ligeramente por encima o bien por debajo del centro de la cuchilla 14. Además, también se puede encajar así la superficie 22 frontal esférica de modo ventajoso para labrar la esquina.

50 El ajuste de la cuchilla 14 con una superficie 30 plana o bien un frente sólo requiere un ángulo α de inclinación relativamente pequeño. Es posible sin problemas una mecanización de la superficie 30 plana lateral de la pieza 32 a labrar. En especial, superficies 30 planas o bien planos perpendiculares (también dentro de cavidades) son así muy fácilmente accesibles, con sólo una pequeña carga de los ejes de pivotamiento. En ello reside una ventaja adicional del método y el útil 10 según la invención con respecto a los métodos habituales, en los que el útil se ha de girar 90° para poderlo emplazar en una superficie 30 plana semejante. Con ello, se puede resolver también en gran medida la problemática de la colocación del útil 10 en espacio limitado de trabajo de la máquina en caso de grandes piezas 32 a labrar o componentes.

En un segundo paso del método según la invención, se examinan según las figuras 9a a 11g posibles colisiones del vástago 12 o del portaútiles 26 o bien, dado el caso, también del husillo 28 de la máquina del útil 10 con la geometría circundante de la pieza 32 a labrar.

5 Partiendo de la inclinación α lateral elegida del útil 10, se examina según ello si es posible una mecanización completa de la superficie 30 plana, si por tanto la cuchilla 14 del útil 10 puede conducirse a lo largo de toda la superficie 30 o bien del plano (por ejemplo, según una mecanización por líneas), sin que el vástago 12 o el portaútiles 26 del útil 10 o el husillo 28 de la máquina colisione con la geometría circundante del componente. Útil 10, portaútiles 26 y pieza 32 a labrar o bien componente se presentan preferiblemente en forma de modelos CAD (modelos de diseño asistido por ordenador) de modo que pueda tener lugar un examen de colisiones a base de métodos convencionales para el cálculo del corte.

A continuación se describen diversas situaciones a modo de ejemplo, que se presentan en el examen de colisiones. En este caso, queda limitada la descripción para la simplificación a superficies 30 planas o planos rectangulares, perpendiculares. Sin estar representada en detalle, es posible sin más una transferencia a superficies 30 planas o bien planos inclinados no rectangulares (por ejemplo, trapezoidales o triangulares o con perfil con forma de curva).

15 Según las figuras 9a a 9c, no se dificulta el mecanizado de la superficie 30 plana por superficies limítrofes. No se presentan colisiones.

De acuerdo con las figuras 10a a 10d, se dificulta el acceso a la superficie 30 plana o bien al plano por una superficie 30' limítrofe a la izquierda.

20 A partir de una determinada profundidad, en el ejemplo colisiona en este caso primero el vástago 12 del útil 10 con la superficie 30' limítrofe según las figuras 10a a 10d. Tal como puede observarse a partir de las figuras 10e a 10g, también se presentan entonces más abajo colisiones del portaútiles 26 del útil 10 con la superficie 30' limítrofe.

Según las figuras 11a a 11e, se dificulta el acceso a la superficie 30 plana o al plano por dos lados o bien por ambos lados por las superficies 30', 30'' limítrofes.

25 Según ello, se presentan colisiones por ambos lados primero entre el vástago 12 del útil 10 con las superficies 30', 30'' limítrofes según las figuras 11d y 11e, más abajo también aparecen colisiones entre el portaútiles 26 del útil 10 con las superficies 30', 30'' limítrofes de acuerdo con las figuras 11f y 11g.

30 Que las superficies 30', 30'', que adolecen de colisiones en los casos representados de la colisión por un lado o por los dos, limiten directamente con la superficie 30 plana a mecanizar, no ha de entenderse como limitación. Así, pues, las superficies 30' o bien 30'' representadas también podrían estar compuestas respectivamente, por ejemplo, de varias superficies parciales, de las que, dado el caso, sólo estarían afectadas por colisiones las superficies parciales no directamente limítrofes con la superficie 30 plana. Igualmente, se han previsto también tales casos, en los que, si bien no se presentan colisiones con superficies 30', 30'' directamente limítrofes, sí lo hacen con superficies nuevamente limítrofes con dichas superficies o también con superficies sólo indirectamente limítrofes.

35 Tal como explican las figuras 10a a 10g y 11a a 11g, no puede mecanizarse la superficie 30 plana o bien el plano totalmente sin colisiones. Las pasadas de útil deberían acortarse por ello en las esquinas a la derecha y a la izquierda, con lo que, no obstante, quedaría material excedente en los bordes de la superficie 30 plana o en el plano.

40 En un tercer paso, se pivota el útil 10, al localizarse colisiones según las figuras 12a a 15b, un ángulo β de pivotamiento inclinado paralelamente a la superficie 30 plana o bien al plano. La inclinación α lateral determinada en el primer paso se conserva en este caso para toda la superficie 30 plana o bien el plano, es decir, es y permanece constante.

Para evitar colisiones como en los ejemplos de realización representados según las figuras 10a a 10g o bien 11a a 11g, se pivota el útil 10 de acuerdo con el método según la invención el ángulo β de pivotamiento paralelamente a la superficie 10 plana o bien el plano respecto de la geometría del componente respectivamente afectada.

45 En relación con las figuras 12a a 12e, se elige la magnitud del ángulo β de pivotamiento de modo que no se presenten colisiones con el vástago 12 y/o el portaútiles 26 o bien que se mantenga una determinada distancia mínima predefinida con respecto a la geometría del componente afectada. Eso ya es suficiente para las situaciones mostradas en las figuras 10a a 10g de una limitación por un lado. Las figuras 12a a 12e muestran el útil 10 con la orientación modificada del útil 10 en la posición de la colisión del vástago anterior.

50 Las figuras 12f y 12g muestran el útil 10 con la orientación modificada en el curso ulterior de la mecanización. Se puede ahora mecanizar la superficie 30 plana o el plano casi totalmente hasta casi adentro de la esquina sin colisiones de vástago o de portaútiles.

Para las situaciones descritas a base de las figuras 11a a 11g de una limitación por dos o por ambos lados, dicho proceder aún no es evidentemente suficiente. Cuando en una superficie 30 plana limitada por ambos lados, se ajusta en una cara (por ejemplo la izquierda) un ángulo β de pivotamiento paralelamente a la superficie 30 plana con

- el fin de evitar colisiones, dicho ángulo β de pivotamiento dificulta precisamente la mecanización en la zona de la otra cara (por ejemplo, la derecha), y viceversa. En el ejemplo de realización según las figuras 11a a 11g, se determina a la izquierda para evitar colisiones un ángulo β de pivotamiento, que pivota el útil 10 junto con el portaútiles 26 afuera de la superficie 30', más cerca del centro o bien de la cara derecha. Para el mecanizado de la cara derecha, no es apropiado el ángulo β de pivotamiento, ya que además se presentaría temprano una colisión, en este caso del portaútiles 26.
- En relación con las figuras 13a a 13f, se ha previsto por eso en el método según la invención una división de la superficie 30 plana o bien del plano en segmentos 44, 44' de mecanización individuales, donde se conserva el ángulo α de inclinación, mientras que para cada segmento 44, 44' de mecanización se ajusta un ángulo β de pivotamiento diferente. En otras palabras, la superficie 30 plana o bien el plano se divide al detectarse colisiones en segmentos 44, 44' de mecanización y a cada uno de los segmentos 44, 44' de mecanización se le asocia o bien se le asigna para evitar colisiones un ángulo β , β' de pivotamiento alrededor del cual se pivota el útil 10 paralelamente a la superficie 30 plana o al plano.
- En el caso más sencillo, se divide, como se ha representado en la figura 13a, la superficie 30 plana por el centro o de modo sensiblemente central, o sea en dos segmentos 44, 44' de mecanización de igual tamaño o casi de igual tamaño. De ese modo se forman dos superficies 30 planas o planos limitados respectivamente tan sólo por una cara.
- Seguidamente, se determina para cada una de las superficies 30 planas un ángulo β , β' de pivotamiento propio, que evite colisiones, paralelamente a la superficie 30 plana según las figuras 12a a 12g.
- En cuanto a las figuras 13a a 13d, se levanta el útil 10 de la pieza 32 a labrar tras la determinación del primer segmento 44 de mecanización, se gira y se coloca en relación con las figuras 13d a 13f en el segundo segmento 44' de mecanización. De ese modo, es posible una mecanización completa y sin colisiones de la superficie 30 plana.
- Al trabajar con diferentes orientaciones β , β' de útil, actúa del modo más positivo el perfil 18 de corte configurado aproximadamente de forma cónica o bien cónicamente convexa del útil 10. Muchas máquinas, debido a inexactitudes de los ejes de pivotamiento, no están en condiciones de ajustar idénticamente la inclinación α lateral prescrita en ambos segmentos 44, 44' de mecanización con los respectivos ángulos β , β' de pivotamiento diferentes. Utilizando una cuchilla cónica poco profunda, convencional del útil 10, eso daría lugar a efectos de escalera diferentemente pronunciados en los segmentos 44, 44' de mecanización. Eso sería especialmente llamativo, ya que los segmentos 44, 44' de mecanización limitan directamente uno con otro. El perfil 18 de corte configurado cónicamente convexo de la cuchilla 14 del útil 10 configurado según la invención o bien del método según la invención puede compensar, al contrario de eso, determinadas inexactitudes de los ejes de la máquina y posibilita así llevar a cabo eficientemente la estrategia descrita para evitar colisiones, manteniendo una calidad superficial requerida.
- Tal como se ha indicado esquemáticamente en las figuras 14a y 14c, no puede excluirse siempre sin hacer caso de las realizaciones precedentes de que el pivotamiento del útil 10 en determinadas situaciones pueda dar lugar en un segmento 44 de mecanización a colisiones del vástago 12 o del portaútiles 26 con la superficie 30'' plana o bien con la geometría de delimitante en la segunda zona 44' de mecanización. Una situación semejante se obtiene en especial con superficies 30 planas o planos estrechos o bien con forma de tira o utilizando un portaútiles 26 relativamente ancho o gran ángulo β , β' de pivotamiento.
- En relación con las figuras 14a y 14b, se sustituyó el portaútiles 26 hasta ahora empleado en los ejemplos de hasta ahora por un portaútiles 26 mayor. Si la superficie 22 frontal o bien la cara frontal o bien el frente o bien la punta del útil 10 en tanto una determinada profundidad en el primer segmento 44 de mecanización, entonces el portaútiles 26 choca arriba con la geometría limítrofe, por ejemplo en la superficie 30'' plana limitante a la derecha del segundo segmento 44' de mecanización.
- Tal como se ha representado más detalladamente en la figura 14c, en un caso semejante en el método según la invención se subdivide una vez más la superficie 32 plana o bien el plano. Se obtienen dos segmentos 44, 44' de mecanización exteriores reducidos así como un segmento 44'' de mecanización adicional en el centro.
- Según las figuras 14d y 14e, se pivota el útil 10 en los dos segmentos 44, 44' de mecanización exteriores respectivamente, tal como se ha descrito, paralelamente un ángulo β , β' respecto de la superficie 30 plana o bien del plano. Por la anchura reducida de los segmentos 44, 44' de mecanización, se posibilita ahora una mecanización completa sin colisiones respectivamente.
- En las figuras 14d y 14e, es de observar que el portaútiles 26 mantiene aún una determinada distancia a la geometría del componente, es decir, a las superficies 30', 30'' limítrofes del lado izquierdo y del lado derecho, cuando la superficie 22 frontal o bien la punta del útil 10 se encuentra en el borde interior de los segmentos 44, 44' de mecanización. Con ello, la división de la superficie 30 plana puede tener lugar en las zonas basándose en la distancia mínima predefinida entre el vástago 12 o bien el portaútiles 26 así como de la geometría del componente. Los dos segmentos 44, 44' de mecanización exteriores son precisamente de tal anchura que esa distancia mínima se mantenga en todas las posiciones del útil 10.

Tal como se desprende de las figuras 14f y 14g, en esa realización del método según la invención se trabaja en el segmento 44" de mecanización central sin ángulo β , β' de pivotamiento, o sea exclusivamente con un ángulo α de inclinación lateral análogamente a una superficie 30 plana independiente según las figuras 9a a 9c.

5 A base de las figuras 15a y 15b, se explica una modificación ventajosa más del método según la invención en la limitación por dos lados o por ambos lados, en la que la superficie 30 plana o los por lo menos dos segmentos 44, 44', 44" de mecanización de la superficie 30 plana del útil 10 se labra/labran por líneas. Con ello, se interpola el ángulo β de pivotamiento del útil 10 del por lo menos un segmento 44 de mecanización continuamente respecto del ángulo β' de pivotamiento del útil 10 del por lo menos otro segmento 44' de mecanización, y viceversa. El útil 10 oscila continuamente en vaivén, por tanto por líneas, sobre los segmentos 44, 44', 44" de mecanización entre los ángulos β , β' de mecanización calculados.

La división de la superficie 30 plana o bien del plano en segmentos 44, 44', 44" de mecanización y la determinación de los ángulos β , β' de pivotamiento fijos representa por tanto únicamente un paso intermedio.

15 Ya no es necesario en este caso un levantamiento del útil 10 de la pieza 32 a labrar con subsiguiente giro entre los segmentos 44, 44', 44" de mecanización. El movimiento continuo del útil 10 ofrece además ventajas al evitar colisiones, ya que sólo en las esquinas – o sea allí donde es realmente necesario – se consigue el ángulo β , β' de pivotamiento máximo, que podría provocar potencialmente colisiones con las esquinas opuestas respectivamente.

20 Según la figura 15b, un movimiento semejante del útil (10) puede resultar ventajoso de igual modo en una limitación por un lado de la superficie 30 plana, como se ilustra en las figuras 10a a 10g. El ángulo β de pivotamiento discurre entonces continuamente entre 0° o bien un ángulo mínimo predefinido de la cara no limitada y el ángulo β o bien β' de pivotamiento calculado para evitar colisiones en la cara limitada y/o viceversa.

En un cuarto y último paso, se calculan finalmente los pasos 46, 46' del útil según las figuras 16a a 16f para los segmentos 44, 44', 44" de mecanización

25 Debido a los tres primeros pasos, existen informaciones sobre con qué ángulo α de inclinación respecto de la superficie 30 plana o bien del plano y con qué ángulo/ángulos β , β' de pivotamiento paralelamente a la superficie 30 plana o bien al plano se debe conducir el útil 10 en cada segmento 44, 44', 44" de mecanización de la superficie 30 plana. Basándose en ello, se calculan las pasadas 46, 46' del útil. Los datos de posición contenidos en él se refieren siempre a un determinado punto de referencia fijo del útil 10, habitualmente el centro de la superficie 22 frontal u otro punto del eje del útil 10.

En el cálculo de las pasadas 46, 46' del útil, se parte de una muestra determinada.

30 Según las figuras 16a a 16d, las pasadas 46 del útil discurren de modo preferiblemente horizontal o básicamente horizontal. Por consiguiente, se compone siempre una muestra de líneas horizontales respectivamente.

35 Las figuras 16a a 16c, muestran pasadas 46 de útil, a modo de ejemplo, para diversas formas de realización, a saber, la figura 16a con libertad de colisiones según las figuras 9a a 9c, la figura 16b con limitación por un lado según las figuras 10a a 10g y la figura 16c con limitación por dos lados o ambos lados según las figuras 13a a 13f. En este caso, se mecanizan los dos segmentos 44, 44' de mecanización separadamente uno tras otro, como se explica mediante las líneas punteadas de forma diferente.

La figura 16d muestra además pasadas 46 de útil en la forma de realización según la figura 15a, en la que se lleva a cabo un movimiento pendular entre los segmentos 44, 44' de mecanización del útil 10. En ese caso, se mecanizan los segmentos 44, 44' de mecanización consecutivamente en cada línea.

40 Tales pasadas 46 de útil horizontales, tal como se presentan en las figuras 16a a 16d, se encuentran en la práctica con la máxima frecuencia en el mecanizado de planos.

45 Evidentemente, son posibles por principio otras muestras discrecionales como, por ejemplo las diagonales, para las pasadas 46, 46' de útil según la figura 16e. Sin representarse individualmente, se pueden reproducir también las pasadas 46 del útil en los segmentos 44, 44' de mecanización con muestras sólo horizontales, sólo diagonales o asimismo de una combinación de muestras horizontales y diagonales.

Según la figura 16f, en el caso de la división en tres segmentos 44, 44', 44" de mecanización, también pueden utilizarse ambas muestras mezcladas. En el segmento 44" de mecanización intermedio, se propone en este caso como adecuada una muestra horizontal para las pasadas 46 del útil, ya que allí se trabaja sin ángulos β , β' de pivotamiento, mientras que en los segmentos 44, 44' de mecanización se han elegido muestras diagonales.

50 En todas las muestras de las pasadas 46, 46' del útil, la separación entre las distintas líneas es una magnitud variable. Claramente no debería ser mayor que la longitud de la cuchilla 14 casi cónica, aunque pueda ser más pequeña. En la elección, pueden influir diversos parámetros, por ejemplo, el avance, el número de revoluciones, la exactitud superficial a lograr o la elección de los puntos 34 de contacto. También el material de la pieza 32 a labrar puede desempeñar un papel.

5 En la precedente descripción del primer paso del método según la invención de acuerdo con las figuras 5a a 8c, se supuso una superficie 30 plana o bien un plano vertical o bien inclinado. Con el método según la invención, pueden mecanizarse, no obstante, del mismo modo también básicamente superficies 30 planas o bien planos horizontales, por ejemplo, superficies de fondo de cavidades, consiguiéndose las mismas ventajas tecnológicas. Al mismo tiempo, se ofrece especialmente en el caso de superficies de fondo planas profundas, y por eso difícilmente accesibles, de modo muy ventajoso el empleo de la forma de realización del útil 10 según las figuras 4a y 4b, como se ha representado en las figuras 17a y 17b. Debido al perfil 18 de corte orientado empinadamente, el útil 10 requiere para arrimarse a la superficie 30 del fondo plana sólo un pequeño ángulo α de inclinación entre el eje 19 del útil respecto de la perpendicular 48 a la superficie 30. Así, pues, también puede alcanzarse fácilmente y mecanizarse la superficie 30 plana del fondo en el caso de cavidades profundas, difícilmente accesibles.

10 La invención no se limita a las formas de realización representadas del método de la invención según las figuras 1a a 17b. Así, pues, es posible combinar discrecionalmente las formas de realización del método según la invención entre sí o bien todos juntos. Además, la invención es completamente independiente del tipo de mecanización, es decir, en especial de una mecanización de desbastado o de una mecanización de acabado, incluso cuando el método según la invención se adecue preferible y muy especialmente bien para una utilización en el mecanizado de acabado con arranque de virutas. Finalmente, se pueden mecanizar con el método según la invención para evitar superficies planas de colisión por uno y/o dos lados de tipo, magnitud, forma y/o disposición discrecional como, por ejemplo, superficies 30 planas o bien planos perpendiculares, discrecionalmente inclinados y horizontales de por ejemplo perfil rectangular, no rectangular, aproximadamente de forma trapezoidal o triangular o de curva, en especial, superficies de fondo de cavidades.

REIVINDICACIONES

1. Método para mecanizar con arranque de material de las superficies de una pieza (32) a labrar por medio de un útil (10), en especial una fresa, que se mueve respecto de una superficie conducido de modo inclinado (α) lateralmente sobre la superficie y sin colisiones, caracterizado por que el método se ha previsto para mecanizar con arranque de material las superficies (30), donde la superficie (30) plana se mecaniza mediante un útil (10), conducido con un punto (34) de contacto sobre la superficie (30) plana, con un perfil (18) de corte configurado cónicamente convexo en un flanco (16) del útil (10), y para evitar totalmente una colisión por un lado del útil (10) se mecaniza paralelamente a la superficie (30) plana con un ángulo (β) de pivotamiento, o para evitar una colisión por dos lados del útil (10) se mecaniza paralelamente a la superficie (30) plana con por lo menos dos ángulos (β , β') de pivotamiento mutuamente diferentes, donde la superficie (30) plana se divide en al menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización para evitar la colisión por dos lados, y a cada uno de los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización se le asigna un ángulo (β , β') de pivotamiento individual del útil (10) para evitar colisiones.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el útil (10) se inclina lateralmente respecto de la superficie (30) plana de tal modo que el punto (34) de contacto del perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, quede en el flanco (16) del útil (10) sobre la superficie (30) plana en una zona (36) orientada hacia el vástago (12) del útil (10).
3. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el útil (10) es conducido por líneas de abajo a arriba sobre la superficie (30) plana y se inclina lateralmente respecto de la superficie (30) plana de tal modo que el punto (34) de contacto del perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, quede en el flanco (16) del útil (10) sobre la superficie (30) plana en una zona (38) entre el centro del perfil (18) de corte y una zona (36) superior, orientada hacia el vástago (12) del útil (10).
4. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el útil (10) es conducido por líneas de arriba a bajo sobre la superficie (30) plana, y se inclina lateralmente respecto de la superficie (30) plana de tal modo que el punto (34) de contacto del perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, quede en el flanco (16) del útil (10) sobre la superficie (30) plana en una zona (40) entre el centro del perfil (18) de corte y una zona (42) inferior, orientada hacia la superficie (20, 22) frontal del útil (10).
5. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el útil (10) se inclina lateralmente respecto de la superficie (30) plana de tal modo que el punto (34) de contacto del perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, quede en el flanco (16) del útil (10) sobre la superficie (30) plana en una zona (42) inferior, orientada hacia la superficie (20, 22) frontal del útil (10).
6. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la inclinación (α) lateral del útil (10) respecto de la superficie (30) plana se conserva inalterada durante toda la mecanización.
7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la ausencia de colisiones y posibles colisiones por uno y/o dos lados se verifica con la geometría de la pieza (32) a labrar.
8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la/las pasada/pasadas (46) del útil (10) se calcula/calculan para la superficie (30) plana y/o para los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización.
9. Método según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el útil (10) es conducido por líneas sobre la superficie (30) plana o sobre los al menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana.
10. Método según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el útil (10) es conducido en líneas horizontales y/o diagonales sobre la superficie (30) plana o sobre los al menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana.
11. Método según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que la superficie (30) plana o los al menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecanizan por líneas con el útil (10), donde el ángulo (β) de pivotamiento del útil (10) del al menos un segmento (44) de mecanización se interpola continuamente respecto al ángulo (β') de pivotamiento del útil (10) del por lo menos otro segmento (44') de mecanización, y viceversa.
12. Método según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que la superficie (30) plana o los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecaniza/mecanizan mediante un útil (10), cuyo perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, se ha formado en el flanco (16) del útil (10) por un perfil cónico con un ángulo cónico entre el perfil cónico y el eje del útil (10) y un abombamiento convexo saliente del perfil cónico.

- 5 13. Método según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que la superficie (30) plana o los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecaniza/mecanizan mediante un útil (10), cuyo perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, se ha conformado en el flanco (16) del útil (10) como segmento circular o segmento elíptico con un gran radio R_k de curvatura, en especial $R_k \geq 250$ mm, totalmente preferido $R_k \geq 500$ mm.
- 10 14. Método según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la superficie (30) plana o los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecaniza/mecanizan mediante un útil (10), cuyo perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, se ha conformado en el flanco (16) del útil (10) como segmento circular, segmento elíptico o segmento de curva con un radio R_k de curvatura constante o variable.
- 15 15. Método según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que la superficie (30) plana o los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecaniza/mecanizan mediante un útil (10), cuyo perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, se ha conformado en el flanco (16) del útil (10) simétrica o asimétricamente.
- 15 16. Método según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que la superficie (30) plana o los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecaniza/mecanizan mediante un útil (10), cuyo perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo en el flanco (16) del útil (10), se convierte directamente en el vástago (12) del útil (10) o indirectamente por medio de una transición (24) redondeada en el vástago (12) del útil (10).
- 20 17. Método según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado por que la superficie (30) plana o los por lo menos dos segmentos (44, 44', 44'') de mecanización de la superficie (30) plana se mecaniza/mecanizan mediante un útil (10), cuyo perfil (18) de corte, configurado cónicamente convexo, en el flanco (16) del útil (10) se convierte en una superficie (20) frontal plana del útil (10) o en una superficie (22) frontal esférica del útil (10).

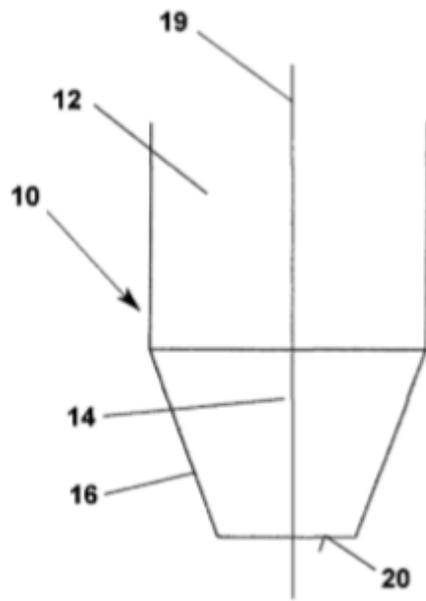


Fig. 1a

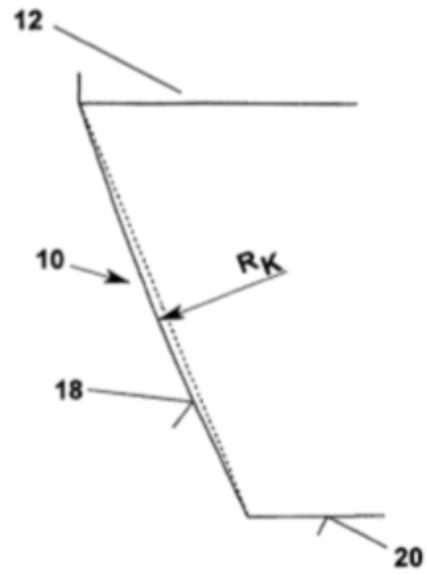


Fig. 1b

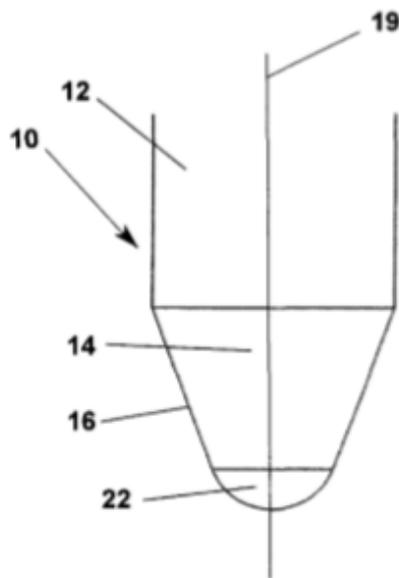


Fig. 2a

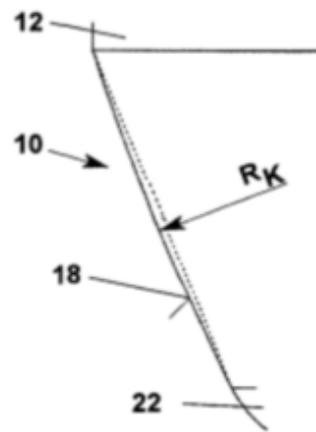
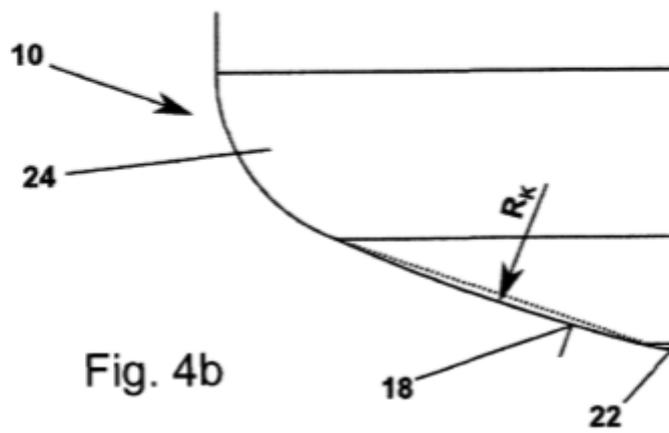
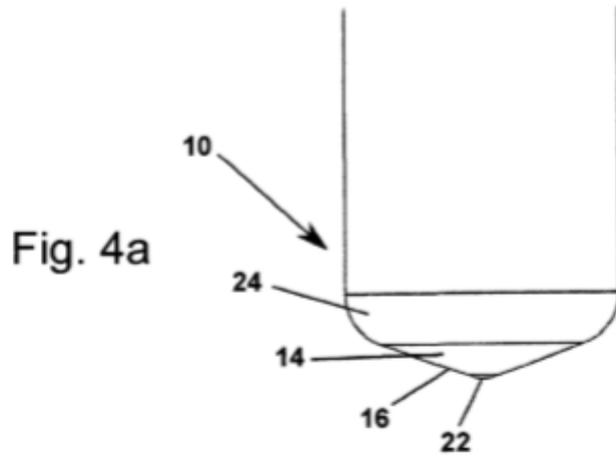
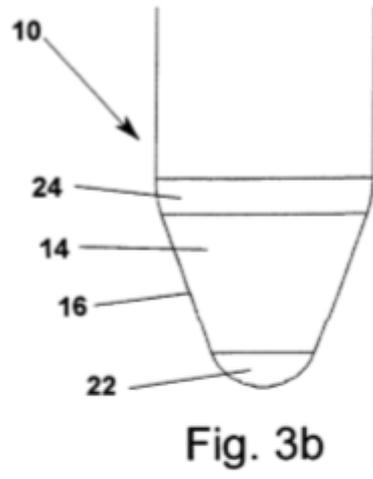
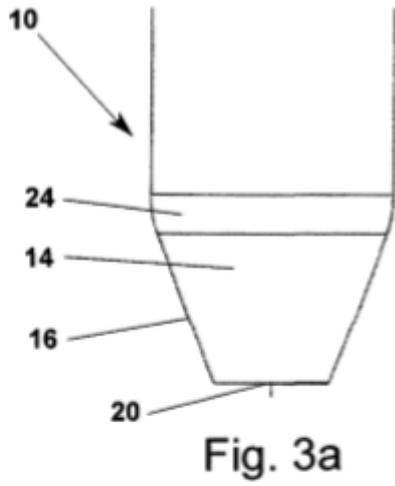


Fig. 2b



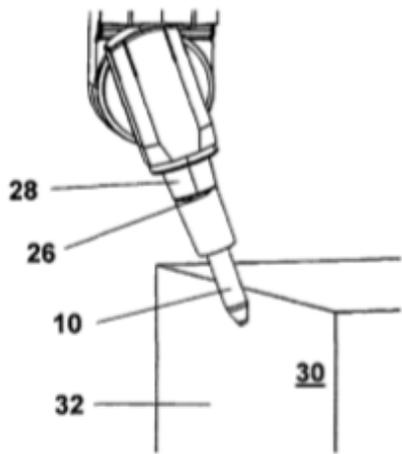


Fig. 5a

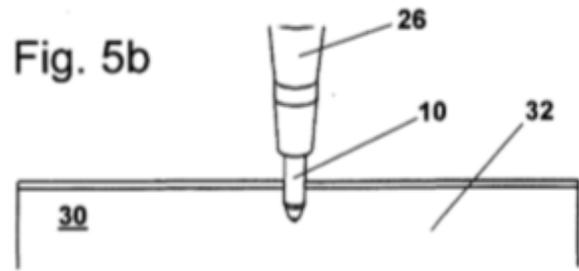


Fig. 5b

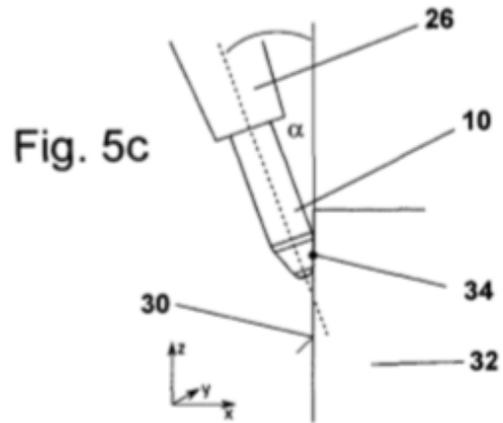


Fig. 5c

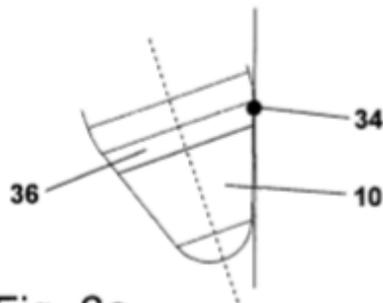


Fig. 6a



Fig. 6b

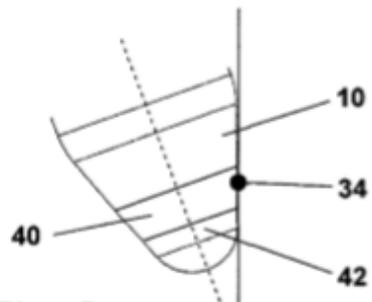


Fig. 6c

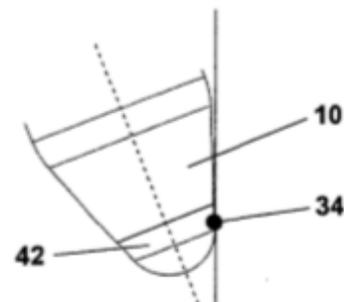
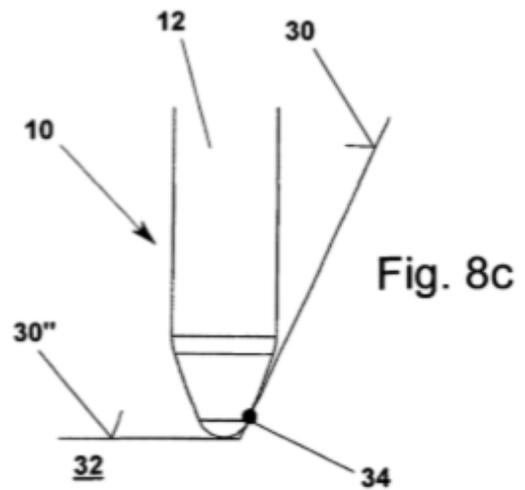
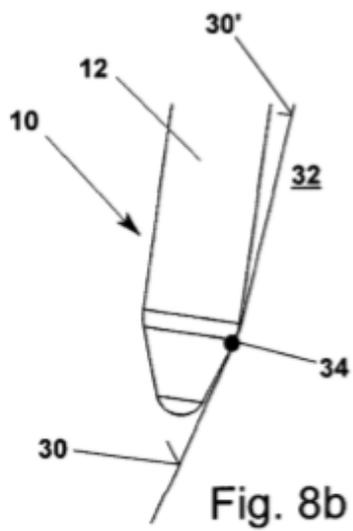
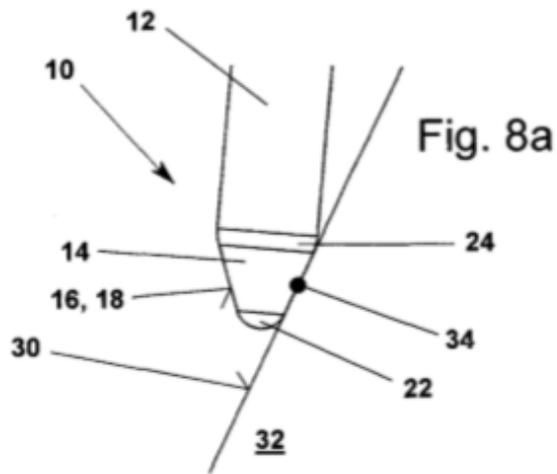
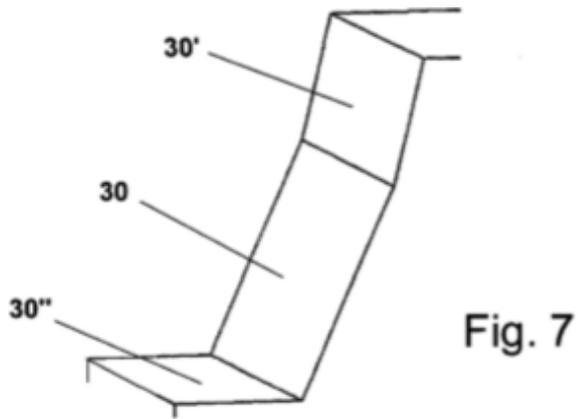


Fig. 6d



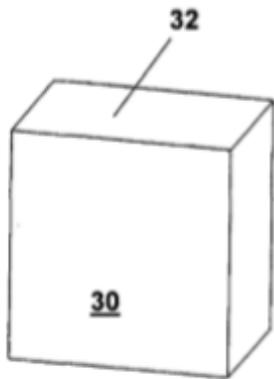


Fig. 9a

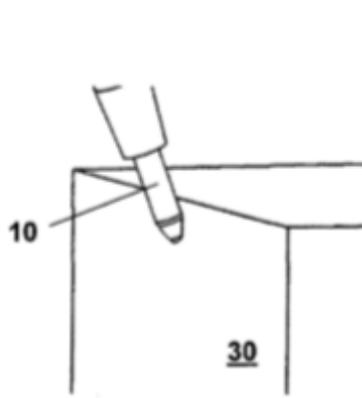


Fig. 9b

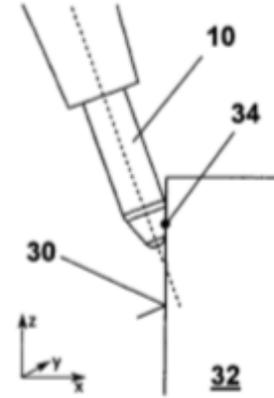


Fig. 9c

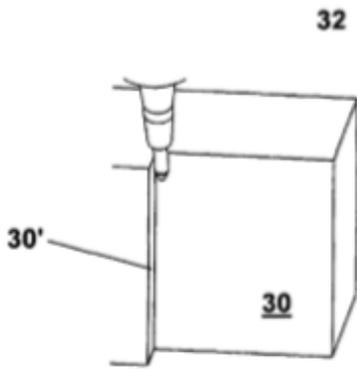


Fig. 10a

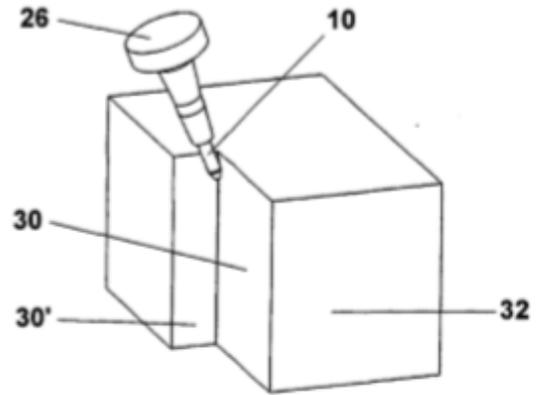


Fig. 10b

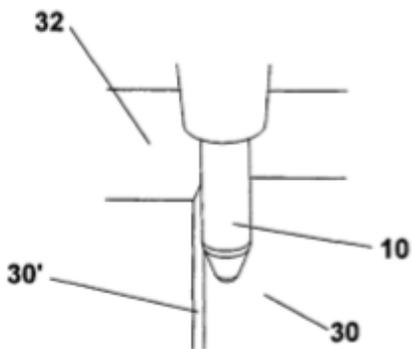


Fig. 10c

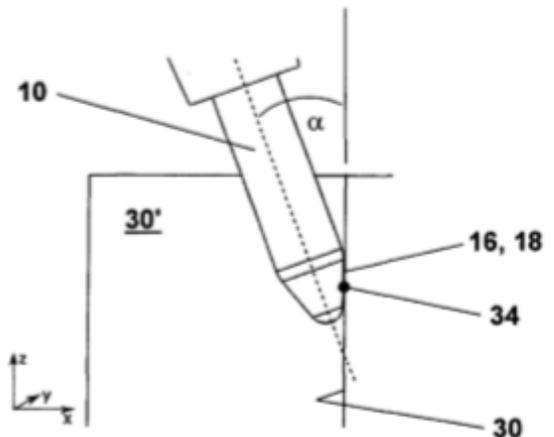


Fig. 10d

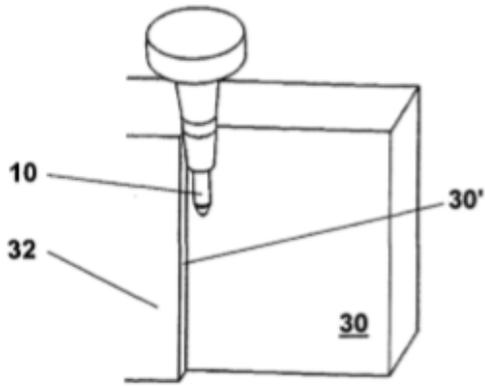


Fig. 10e

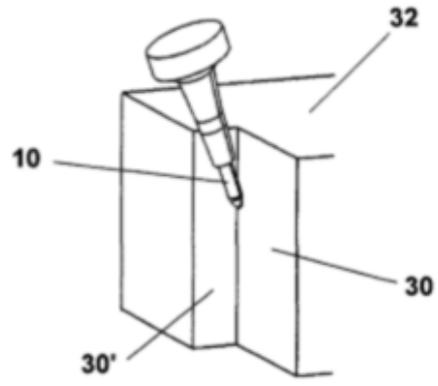


Fig. 10f

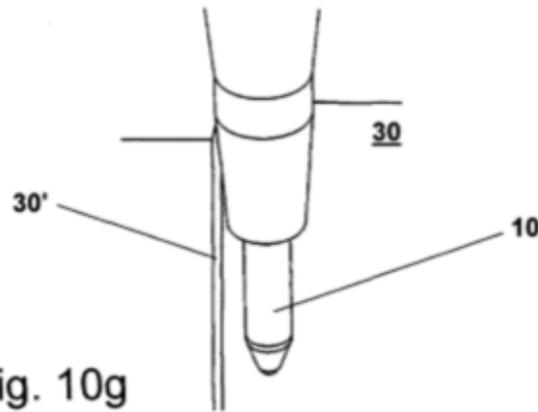


Fig. 10g

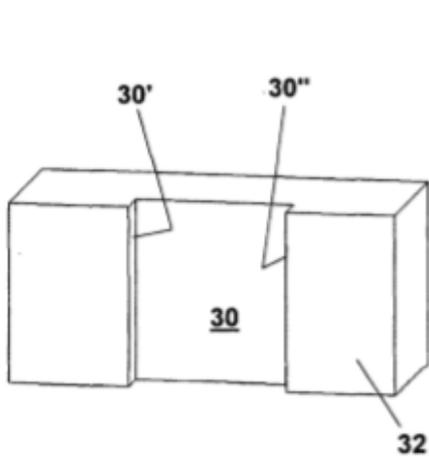


Fig. 11a

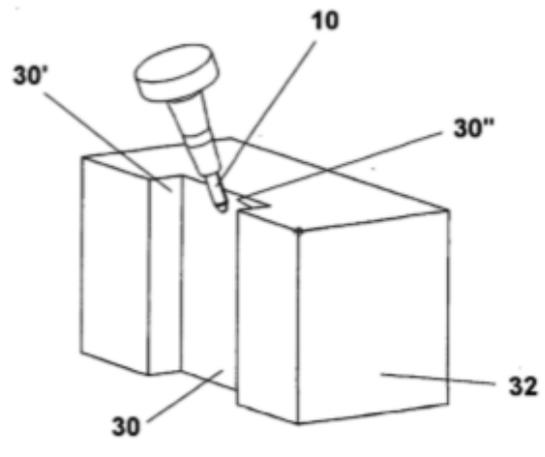


Fig. 11b

Fig. 11c

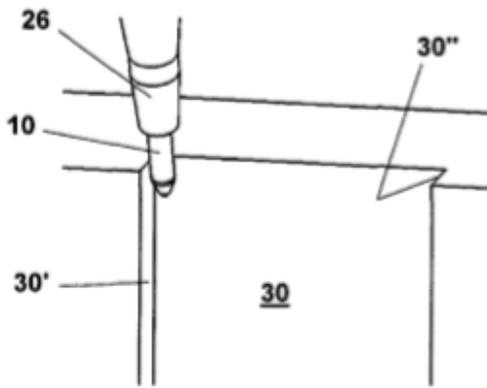
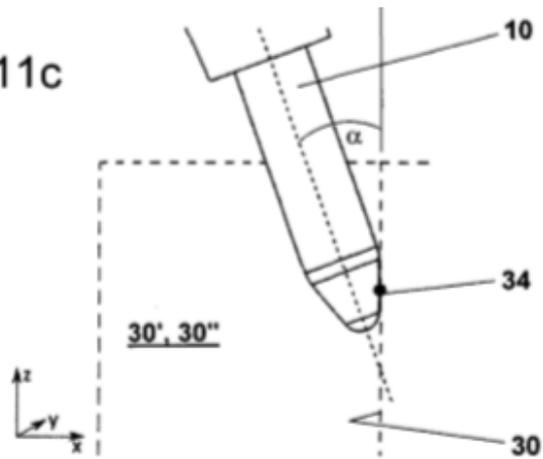


Fig. 11d

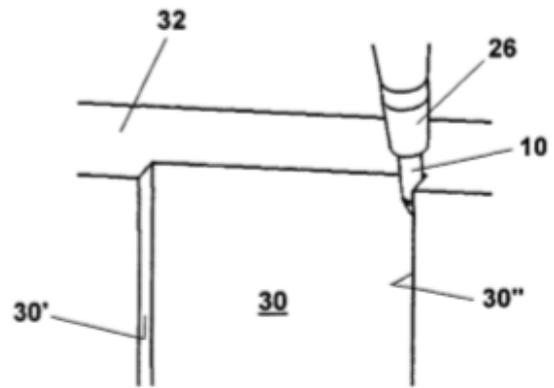


Fig. 11e

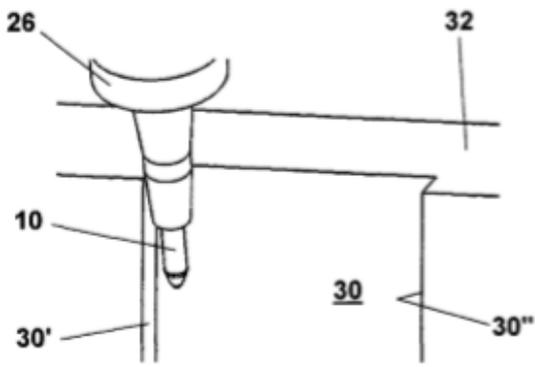


Fig. 11f

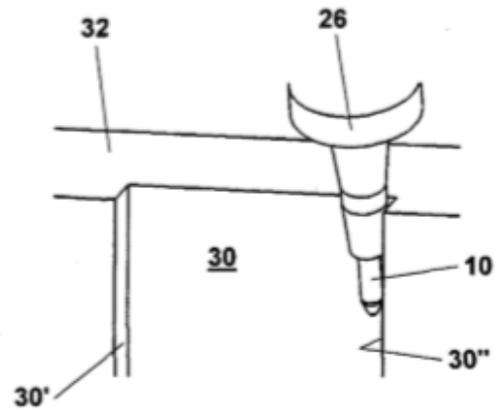
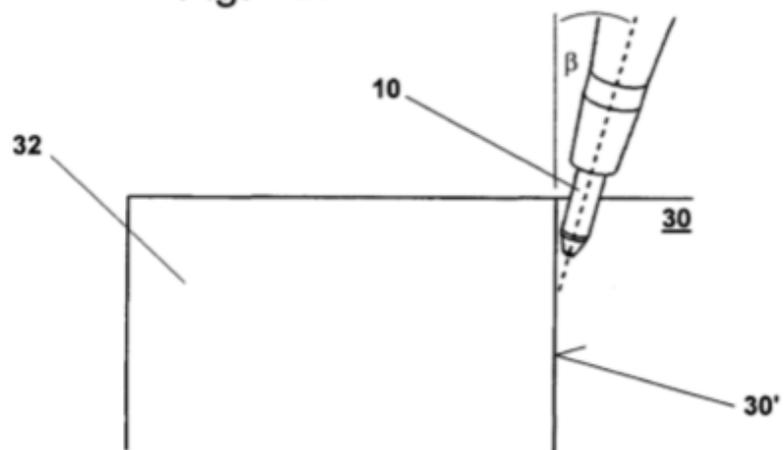
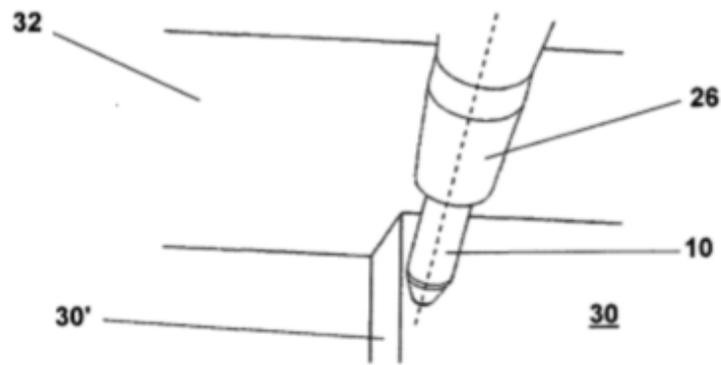
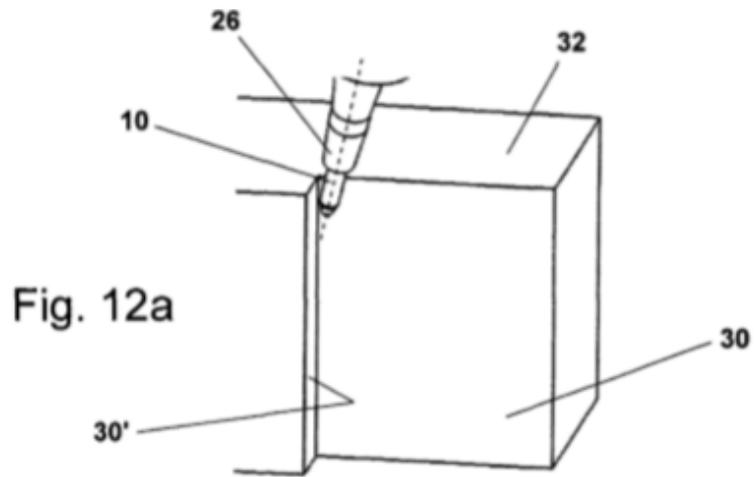


Fig. 11g



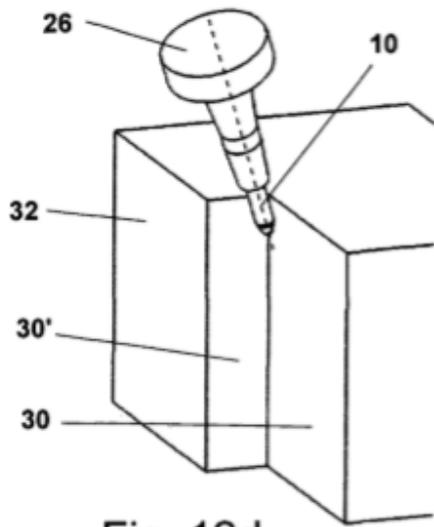


Fig. 12d

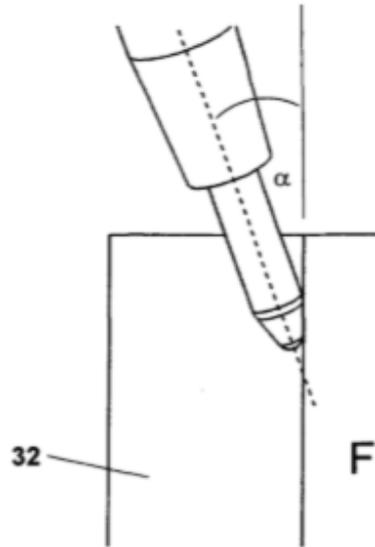


Fig. 12e

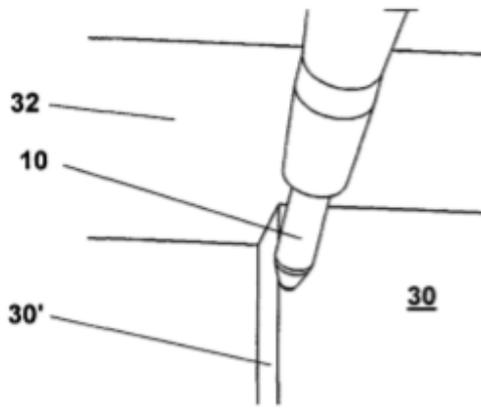


Fig. 12f

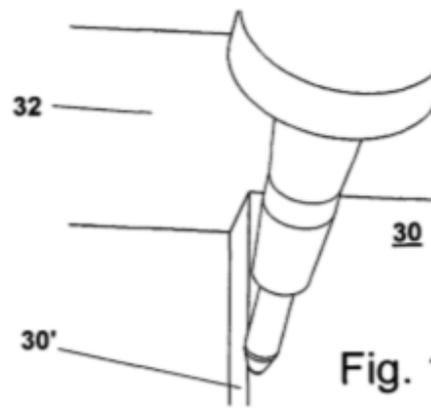


Fig. 12g

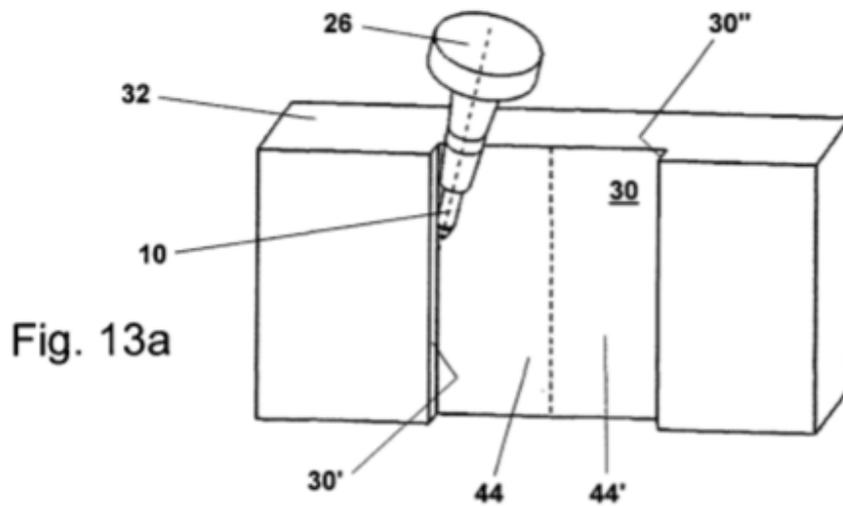


Fig. 13a

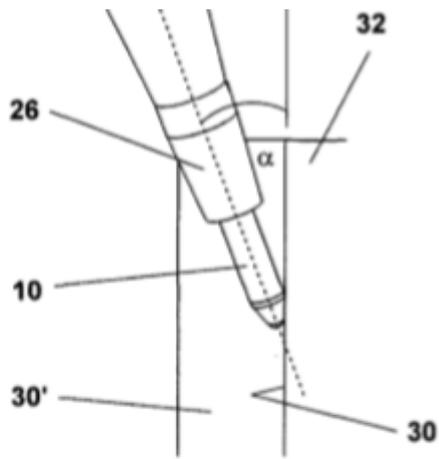


Fig. 13b

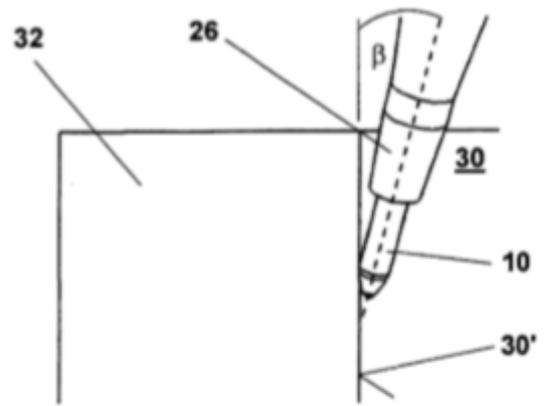


Fig. 13c

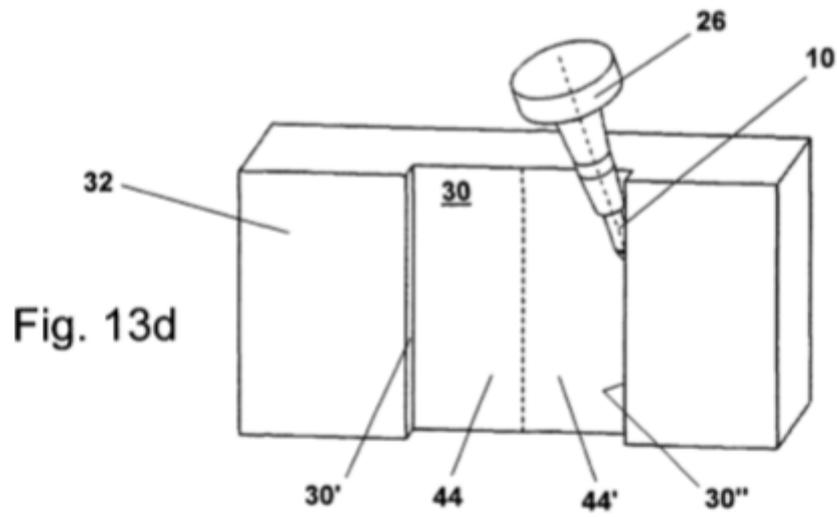


Fig. 13d

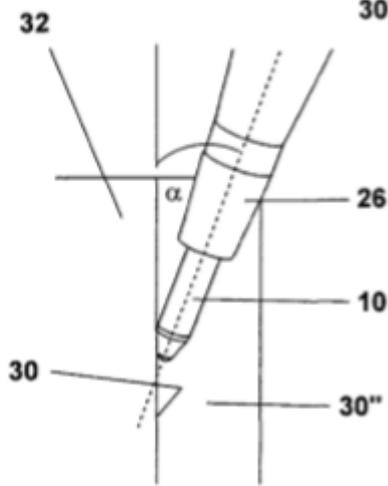


Fig. 13e

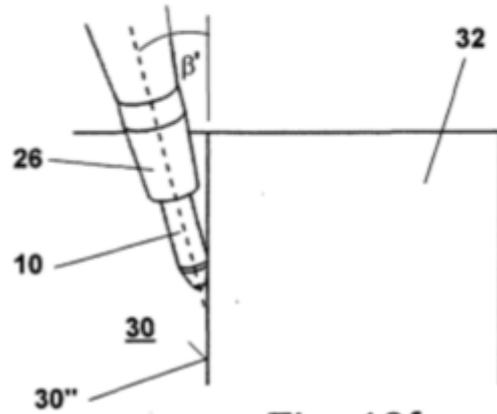


Fig. 13f

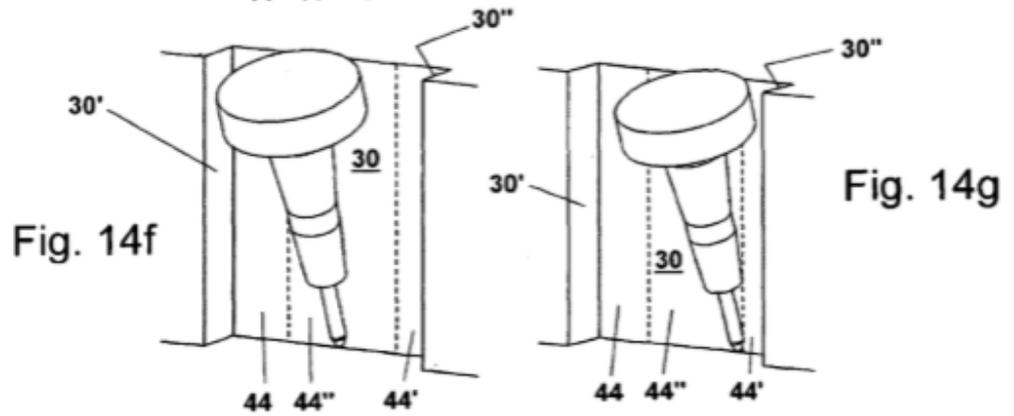
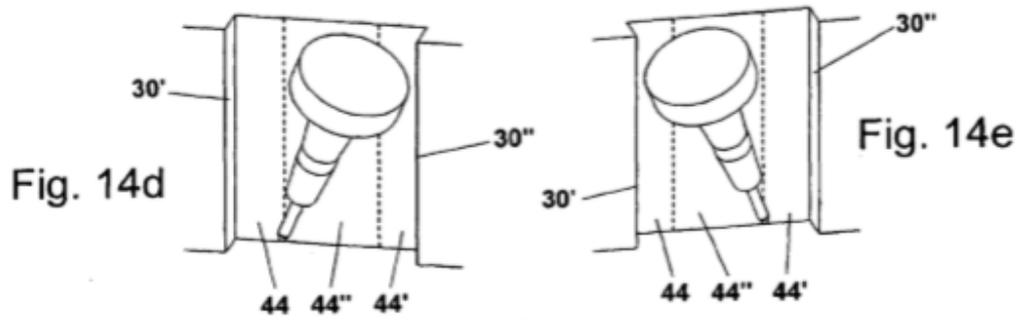
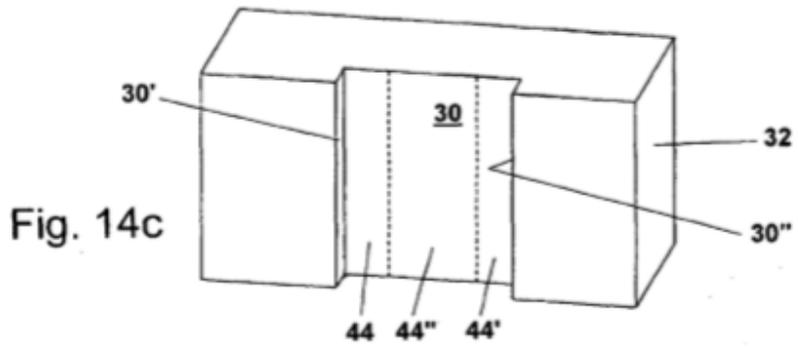
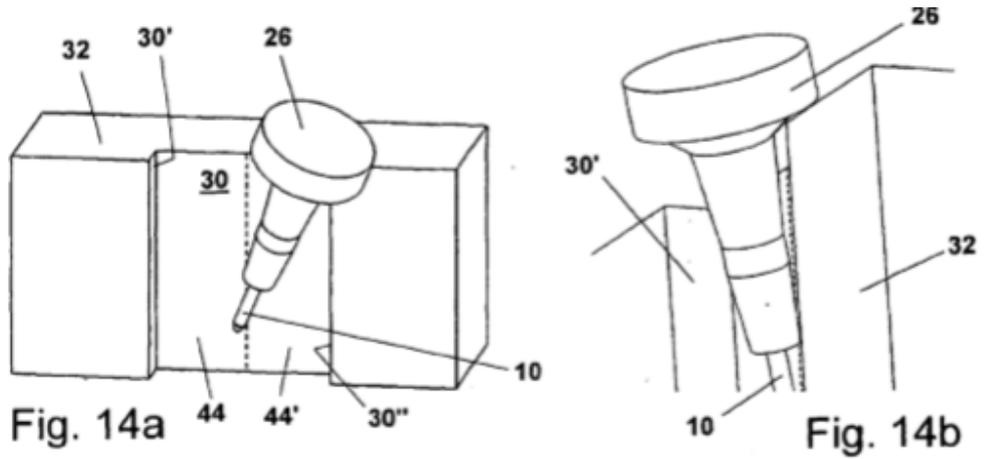


Fig. 15a

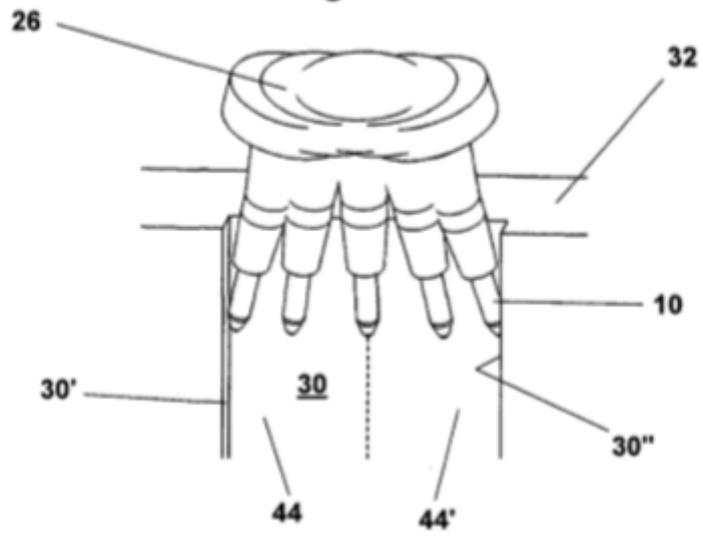
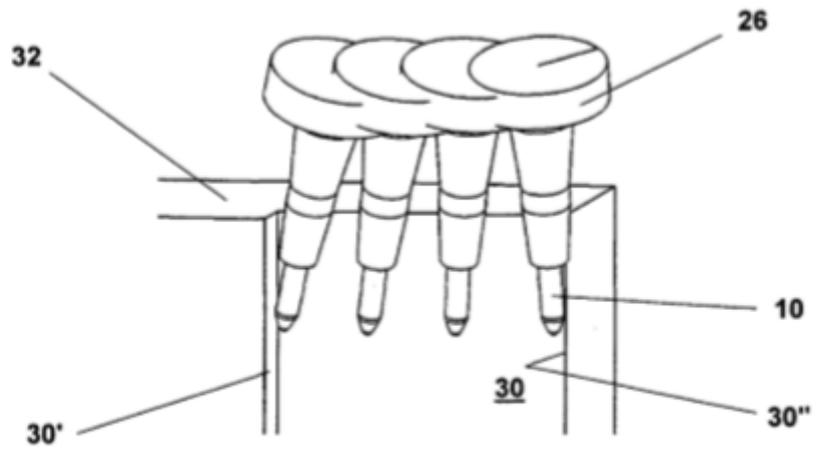


Fig. 15b



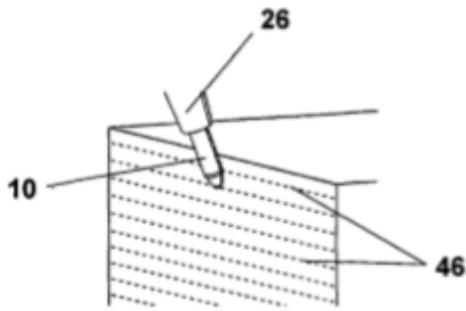


Fig. 16a

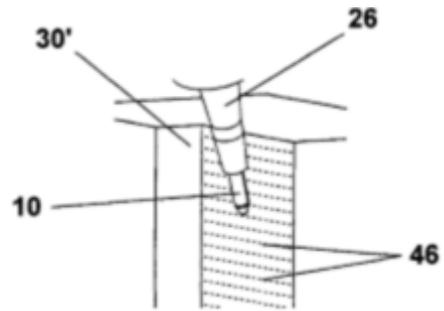


Fig. 16b

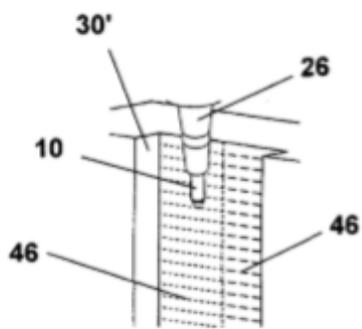


Fig. 16c

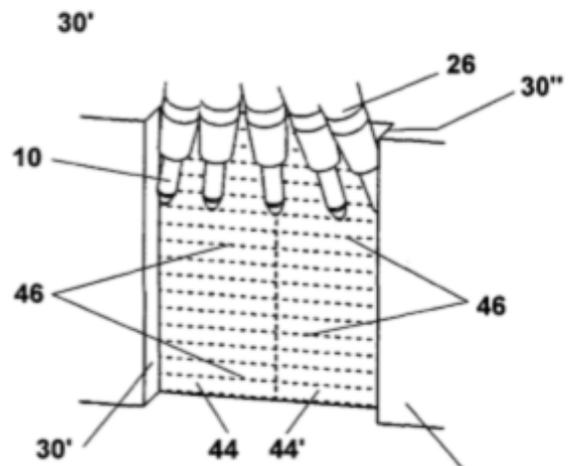


Fig. 16d

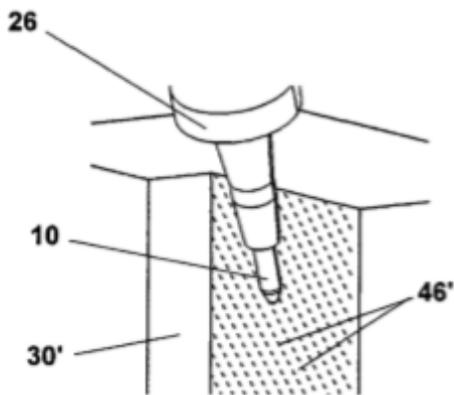


Fig. 16e

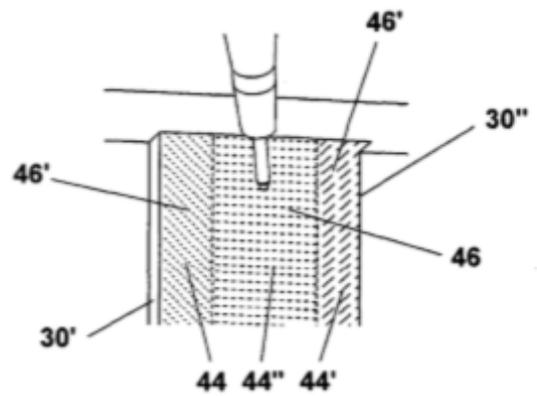


Fig. 16f

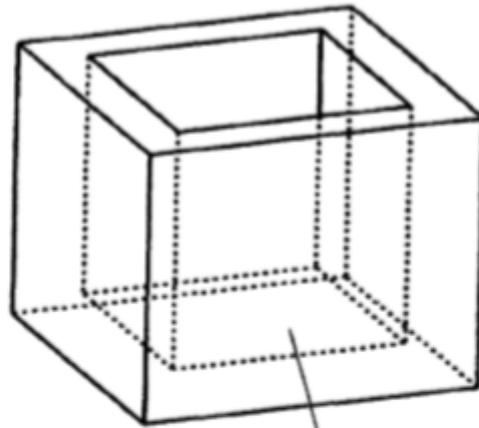


Fig. 17a

30

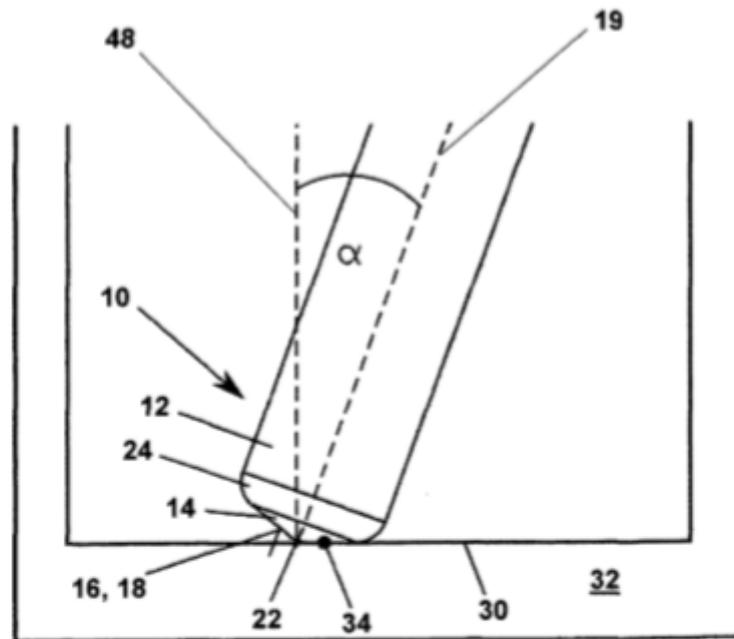


Fig. 17b