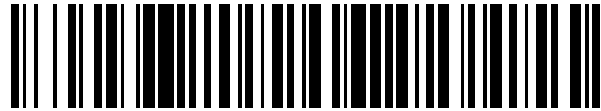


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 516 465**

51 Int. Cl.:

B23F 5/20 (2006.01)

B23F 9/08 (2006.01)

B23F 21/12 (2006.01)

B23F 21/20 (2006.01)

B23F 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2009 E 09798885 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014 EP 2367656**

54 Título: **Máquina herramienta y procedimiento para fabricar engranajes**

30 Prioridad:

19.12.2008 DE 102008063858

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

30.10.2014

73 Titular/es:

VOITH PATENT GMBH (50.0%)

St. Pöltener Str. 43

89522 Heidenheim, DE y

GEBR. HELLER MASCHINENFABRIK GMBH

(50.0%)

72 Inventor/es:

HÜTTER, WOLFGANG y

HUMMEL, ERHARD

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 516 465 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

Máquina herramienta y procedimiento para fabricar engranajes

5 La presente invención se refiere a una máquina herramienta, en particular una máquina fresadora, así como un procedimiento para el fresado de engranajes tales como engranajes rectos, engranajes de corona, engranajes helicoidales y engranajes cónicos.

10 Este tipo de engranajes, en particular con un dentado exterior, básicamente pueden tener un dentado recto u oblicuo. Asimismo, en particular en los engranajes cónicos se conocen dentados espirales, lo cual significa que los flancos de los dientes presentan una curvatura longitudinal en forma de arco de círculo. Este tipo de engranajes cónicos también se denominan como ruedas cónicas helicoidales. Si se provee un desplazamiento del eje, los engranajes cónicos también reciben el nombre de ruedas hipoides. Adicionalmente, también se conoce una pluralidad de otros dentados, tales como dentados paloides o Klingelnberg y dentados Gleason.

15 Básicamente, para la fabricación de dentados exteriores se emplean dos procedimientos, es decir, el fresado de perfiles y el fresado por generación. En el fresado de perfiles, el contorno de la herramienta fresadora se transfiere directamente a la pieza de trabajo, en donde el movimiento de tallado sólo es efectuado por el giro de la herramienta fresadora, mientras que la pieza de trabajo en general permanece inmóvil. Después de haberse producido un vano entre dientes, la pieza de trabajo se hace girar a la siguiente posición de paso de diente. Como herramientas se usan en particular cabezales portacuchillas y fresas frontales.

20 Para una fabricación rentable de engranajes de dentado externo recto u oblicuo, tales como engranajes rectos, se usa el fresado por generación, en donde la pieza de trabajo geoméricamente representa un husillo de entrada simple o múltiple que forma un engranaje helicoidal con la pieza de trabajo que hay que dotar de dientes. La fresa madre se acciona durante el proceso de fresado y al mismo tiempo se desplaza a lo largo de la pieza de trabajo, en particular de manera traslativa, para producir los vanos entre dientes.

25 El fresado por generación también incluye el así llamado procedimiento de dentado de paso continuo. Para ello se emplean como herramientas cabezales portacuchillas que en su lado frontal presentan una pluralidad de cuerpos cortantes orientados exclusivamente en la dirección axial que se aleja de la herramienta, los cuales se disponen de manera concéntrica con respecto al diámetro exterior del cabezal portacuchillas. Cada uno de los cuerpos cortantes tiene una forma de realización diferente y por lo tanto presenta una geometría de filo individual, de tal manera que cada cuerpo cortante sólo rebaja una determinada porción de un flanco. El contorno de giro de la herramienta, es decir, el de todos los filos de los cuerpos cortantes, produce el vano entre dientes que se quiere fabricar. En este procedimiento, la pieza de trabajo y la herramienta giran de forma relativa entre sí de acuerdo con una determinada regularidad, de tal manera que los flancos de diente del vano entre dientes se forman mediante cortes envolventes de los diferentes filos.

30 Una desventaja en el proceso de dentado de paso continuo es el alto grado de dispendio en el equipamiento, ya que las velocidades de giro de la pieza de trabajo y de la herramienta se han de ajustar de manera exacta dependiendo del dentado que se quiera fresar. Debido al complejo control del procedimiento de fresado, se requieren máquinas especiales, cuya adquisición es costosa.

35 En el así llamado procedimiento de inmersión, también denominado como procedimiento de dentado de paso individual, los vanos entre dientes son producidos individualmente por la inmersión de la herramienta. La pieza de trabajo permanece inmóvil durante el procedimiento de inmersión, después de lo cual se mueve a la siguiente posición de paso de diente y se fresa el siguiente vano entre dientes, hasta que el engranaje cónico se haya completado en su totalidad. Para ello, al igual que en el procedimiento de paso continuo, se emplea un cabezal portacuchillas, cuyos cuerpos cortantes, sin embargo, tienen todos la misma forma y corresponden al perfil del vano entre dientes que hay que fresar.

40 La mayor desventaja de los procedimientos descritos consiste en que las herramientas en principio sólo son apropiadas para un dentado específico. Si se desean dentados especiales, también se tienen que fabricar fresas especiales que no sólo tienen un alto coste, sino que también en la mayoría de los casos implican un largo plazo de entrega.

45 Para la fabricación de engranajes cónicos mediante el procedimiento de paso individual o continuo, el diámetro exterior de la herramienta depende del dentado deseado y en particular del diámetro exterior del engranaje cónico que hay que fabricar. Esto se debe a que en particular el radio del arco longitudinal del flanco de diente equivale sustancialmente a la mitad del diámetro de los filos en relación al eje de giro del cabezal portacuchillas. Debido a esto se requieren herramientas pesadas y, por consiguiente, accionamientos más potentes, y debido al elevado peso de las herramientas sólo se pueden alcanzar avances y movimientos de giro reducidos, de tal manera que se prolongan los tiempos de mecanizado. Dependiendo del peso de las herramientas, las mismas no siempre pueden ser depositadas en el cargador de herramientas, sino que más bien tienen que ser cambiadas manualmente. Una manipulación, por ejemplo, por robots industriales, se tiene que descartar debido a las cargas de inercia demasiado

grandes durante el cambio de herramienta. Para la fabricación de engranajes relativamente pequeños, las herramientas pueden ser almacenadas en el cargador de herramientas de la máquina herramienta, aunque en la mayoría de los casos ocupan mucho espacio debido a su diámetro relativamente grande, de tal manera que es necesario proveer cargadores de herramientas significativamente más grandes.

Una particular desventaja en lo concerniente a los tiempos de equipamiento es el ajuste de los cabezales portacuchillas en el procedimiento de paso individual y continuo, debido a que todos los cuerpos cortantes tienen que ser alineados de una manera tan exacta que como contorno giratorio producen la geometría exacta del vano entre dientes que hay que fresar.

Recientemente se han realizado ensayos para fabricar engranajes tales como engranajes cónicos a través de un mecanizado de alta velocidad con desprendimiento de virutas (HSC). En este procedimiento se emplean fresas frontales y perfiladas que a muy altas velocidades de giro y avance con una potencia de desprendimiento de virutas relativamente baja (reducido espesor de virutas) van tallando por líneas los vanos entre dientes. Los procesos de mecanizado que en particular se realizan en máquinas herramientas de cinco ejes, resultan en tiempos de mecanizado particularmente largos, debido al reducido volumen de formación de virutas, lo que por otra parte protege al husillo y las disposiciones de cojinetes de la máquina herramienta.

En cuanto al estado de la técnica documentado de forma impresa, se hace referencia al documento DE 37 52 009 T3, en donde las características conocidas a raíz de dicho documento se resumen en el concepto general de la reivindicación 1. En dicho documento se describe una máquina fresadora de engranajes de ejes múltiples para la fabricación de engranajes cónicos y engranajes hipoides, en donde se provee un dispositivo de mando que puede mover un portaherramientas y un dispositivo de recepción para la pieza de trabajo simultáneamente a lo largo de cinco ejes. Debido a la forma de inmersión de la herramienta en la pieza de trabajo, es necesario, sin embargo, que la herramienta tenga un diámetro exterior equivalente al doble del radio de curvatura de las curvas longitudinales de los flancos de diente. Por lo tanto es necesario que para cada geometría de dentado nueva se fabrique una nueva herramienta. Además, la máquina no está destinada a ser usada como máquina fresadora universal para la fabricación de otros componentes diferentes de tales dentados especiales.

En el documento de la patente europea EP 0 850 120 B1 se describe un procedimiento de tronzado de herramienta que disminuye el desgaste de los filos individuales de un cabezal portacuchillas con forma de pote. Allí se propone que el cabezal portacuchillas con forma de pote, cuyo diámetro a su vez tiene que estar ajustado a un radio de curvatura del dentado espiral que hay que crear en los engranajes cónicos, durante la inmersión se introduzca de forma oblicua en el vano entre dientes, en donde un vector de avance presenta una componente en dirección perpendicular al fondo del vano entre dientes y una componente en la dirección longitudinal del dentado. Cuando la herramienta ha alcanzado la profundidad completa en la pieza de trabajo, o bien puede volver a ser extraída inmediatamente de la pieza de trabajo (denominado como proceso no generador en el fresado de perfiles) o movida en dirección hacia la periferia de la pieza de trabajo para iniciar la generación en el fresado por generación.

En el documento de la patente europea EP 0 690 760 B1 también se describe un procedimiento de arronzado de herramienta para prevenir el desgaste en dientes individuales del cabezal portacuchillas empleado. También aquí, al igual que en la patente previamente mencionada, se define un vector de avance para el cabezal portacuchillas antes de que comience el proceso de generación propiamente dicho. Aquí también es una desventaja que el diámetro exterior del cabezal portacuchillas tiene que estar ajustado exactamente al arco del dentado y que, según se ha descrito inicialmente, cada cuerpo cortante debe presentar una geometría de corte individual para configurar un engranaje helicoidal de entrada simple o múltiple.

En el documento US 4 467 568 se describe una máquina fresadora de ruedas dentadas de ejes múltiples para el mecanizado con desprendimiento de virutas de flancos de diente de dentado oblicuo con forma de evolvente para engranajes rectos con correcciones de perfil y longitudinales. A este respecto, la herramienta se desplaza a lo largo de una vía activa ubicada sobre una camisa de tronco cónico, de tal manera que la herramienta se desplaza a lo largo de la curva longitudinal del flanco de diente de manera no equidistante en relación a la cabeza del diente o a la base del diente, respectivamente.

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar una máquina herramienta y un procedimiento para fabricar engranajes, en particular engranajes cónicos o piñones, mejorados en relación a las desventajas del estado de la técnica. En particular se quiere minimizar el tiempo de mecanizado y sobre todo el tiempo tecnológico de producción de un engranaje que hay que fabricar. Al mismo tiempo, los engranajes deben poder fabricarse de la manera más rentable y con la mayor fidelidad de forma posible. Para ello, el engranaje ventajosamente debe ser fresado completamente en una máquina con una o varias sujeciones. De una manera particularmente ventajosa, se quiere hacer posible el uso de una máquina fresadora universal equipada con una herramienta provista de acuerdo con la presente invención para producir el dentado del engranaje.

Dicho objetivo se consigue mediante de una máquina herramienta, un procedimiento y una herramienta de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes presentan formas de realización preferida de la invención.

Una máquina herramienta que de acuerdo con la presente invención, por ejemplo una máquina fresadora, comprende un bastidor de máquina, un soporte de herramienta montado sobre el bastidor de máquina para recibir una herramienta, un dispositivo de accionamiento para el accionamiento giratorio de la herramienta en el soporte de herramienta alrededor de un eje de herramienta, un dispositivo de recepción montados sobre el bastidor de la máquina para recibir una pieza de trabajo, un primer dispositivo de accionamiento rotatorio para generar un primer movimiento angular relativo entre el soporte de herramienta y el dispositivo de recepción, en particular para girar la pieza de trabajo y/o el dispositivo de recepción alrededor de un eje de la pieza de trabajo, así como un segundo dispositivo de accionamiento rotatorio para generar un segundo movimiento angular relativo entre el soporte de herramienta y el dispositivo de recepción, un dispositivo de accionamiento de traslación para producir un movimiento de traslación relativo entre el soporte de herramienta y el dispositivo de recepción a lo largo de tres ejes, un dispositivo de mando que está configurado de tal manera que permite un control de los movimientos relativos rectilíneos entre el soporte de herramienta y el dispositivo de recepción y que permita movimientos angulares relativos entre el soporte de herramienta y el dispositivo de recepción de una manera sustancialmente simultánea, en donde la herramienta está configurada como fresa frontal o fresa frontal periférica y comprende filos que presentan por lo menos un contorno parcial de un dentado que hay que fresar en la pieza de trabajo.

De acuerdo con la invención, el diámetro exterior de los filos (también denominado como el doble del radio de la trayectoria circular del filo de la herramienta) es mayor que la distancia entre dos flancos de diente adyacentes (vanos entre dientes), en donde la herramienta con una parte de los filos dispuestos en la región periférica exterior de la herramienta puede ser ajustada de tal manera que entra en la pieza de trabajo con los filos ubicados en el lado frontal, y en particular, al mismo tiempo penetra con los filos periféricos en la región del dentado que se quiere crear en la pieza de trabajo.

A través del accionamiento del primer y/o segundo dispositivo de accionamiento rotatorio y/o del por lo menos un dispositivo de accionamiento de traslación, el dispositivo de mando mueve la herramienta por desplazamiento a lo largo del flanco de diente que hay que mecanizar. En este movimiento de desplazamiento, la distancia de la herramienta, en particular su circunferencia exterior, que es conformada por una pluralidad de filos permanece por lo menos un sustancialmente constante en relación al fondo del vano entre dientes y/o a la cabeza de diente del dentado que hay que fresar.

Si por ejemplo se quiere fabricar una pieza de trabajo con un dentado espiral mediante la máquina herramienta de acuerdo con la invención, el dispositivo de mando dirige los dispositivos de accionamiento ventajosamente de tal manera que la herramienta se desplaza a lo largo de la curva del flanco de diente del diente que se está fabricando en ese momento, manteniéndose constante la inclinación, es decir, el ángulo del eje de la herramienta con respecto a la curva longitudinal del flanco de diente (en general con respecto al flanco de diente). Esto se puede lograr, por ejemplo, si la inclinación del eje de la herramienta con respecto a la curva longitudinal del flanco de diente en la dirección transversal y/o longitudinal correspondiente a la geometría del flanco de diente se sigue en por lo menos cinco ejes a través del dispositivo de mando.

La máquina herramienta de acuerdo con la invención por consiguiente en principio representa una máquina fresadora de cinco ejes. Obviamente también es posible proveer ejes adicionales para mover el portaherramientas o la herramienta, respectivamente, y/u el dispositivo de sujeción para la pieza de trabajo de forma traslativa o rotativa. La máquina herramienta puede estar equipada para el funcionamiento automático y comprender, por ejemplo, un dispositivo de cambio de herramienta, un cargador de herramienta, un dispositivo de cambio de pieza de trabajo y/o un cambiador de paletas. Asimismo, para aumentar su funcionalidad, la máquina herramienta también puede presentar otros dispositivos de accionamiento traslativos y/o rotativos adicionales, tales como, por ejemplo, mesas de máquina girables o pivotables. Igualmente, la máquina herramienta puede ser parte de un centro de mecanizado o de una línea de producción que comprende otras máquinas, tales como tornos, máquinas rectificadoras o máquinas de endurecer.

La herramienta comprende por lo menos un filo y está configurada de tal manera que le permite un mecanizado frontal o un mecanizado circunferencial frontal de la pieza de trabajo. Para ello, la herramienta puede estar configurada como cabezal de cuchilla fresa de disco o fresa en T. El por lo menos un filo comprende un perfil de filo formado por al menos una superficie de desprendimiento y una superficie libre, en donde el perfil de filo ventajosamente presenta, para la producción de por lo menos una parte de un vano entre dientes, un primer filo parcial para una superficie de flanco y un segundo filo parcial para por lo menos una sección de un fondo de vano. Con una realización de este tipo, en una misma pasada de la fresa se puede producir la superficie del flanco y por lo menos una sección del fondo del vano con la geometría de fresado completamente acabada.

Preferentemente, los filos están sustancialmente orientados en la dirección que se aleja de la herramienta, visto en la dirección axial de la herramienta. Por lo tanto, los filos no se extienden de manera perpendicular al lado frontal de la herramienta orientado hacia la pieza de trabajo. En lugar de ello, los filos pueden extenderse de manera sustancialmente paralela o en un ángulo con respecto al lado frontal. Adicionalmente, también se pueden proveer filos a lo largo de la dirección circunferencial de la herramienta o de cuerpos cortantes individuales, respectivamente, que entonces se extienden en ángulo o de forma perpendicular con respecto al lado frontal de la herramienta.

Un procedimiento de acuerdo con la invención para fabricar un dentado en una máquina herramienta de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

- 5 (a) Posicionar la herramienta fuera de la región del dentado que hay que producir;
- (b) Accionar la herramienta de manera giratoria;
- (c) Mover la herramienta con una parte de los filos dispuestos en la región de la circunferencia exterior de la herramienta a través de la región del dentado que hay que crear en la pieza de trabajo con un control sustancialmente simultáneo de todos los dispositivos de accionamiento o de dispositivos de accionamiento seleccionados a través del dispositivo de mando, de tal manera que se fresa por lo menos un contorno parcial de un flanco de diente; en donde la herramienta se desplaza a lo largo del flanco de diente que hay que mecanizar, con una distancia constante, o sustancialmente constante, de la herramienta, en particular de su circunferencia exterior formada por el círculo de giro de los filos posicionados en la circunferencia exterior, con respecto al fondo del vano entre dientes y/o a la cabeza del vano entre dientes;
- 10 (d) Retirar la herramienta fuera de la región del dentado que hay que producir;
- 15 (e) Girar la herramienta y/o la pieza de trabajo alrededor del eje de la pieza de trabajo a una posición desplazada al menos por un paso de diente;
- (f) Repetir los pasos (c) - (f) en particular con una rotación ininterrumpida de la herramienta, hasta que todos los flancos de diente de la pieza de trabajo hayan sido mecanizados de la misma manera y los vanos entre dientes hayan sido producidos completamente.

20 Ventajosamente, la herramienta simultáneamente con una parte de la superficie frontal y de la superficie circunferencial rebaja una parte de la pieza de trabajo con los filos correspondientemente provistos. A este respecto, también es posible, sin embargo, que el posicionamiento relativo entre la herramienta y la pieza de trabajo en relación a la dirección de profundidad del dentado se ajuste fuera del contacto entre la herramienta y la pieza de trabajo y que la herramienta durante el fresado con producción de viruta sólo se mueva a lo largo del flanco de diente que hay que mecanizar, con la misma distancia constante previamente mencionada. La herramienta (o la pieza de trabajo, o ambas cosas) se desplaza entonces fuera de la zona de contacto hasta la profundidad prevista y a continuación se rebaja material de la pieza de trabajo a través de un movimiento de rodadura, en donde obviamente se pueden realizar varias pasadas con ese movimiento de rodadura en varios niveles de profundidad.

25 Alternativamente, el posicionamiento relativo entre la herramienta y la pieza de trabajo en relación a la dirección de profundidad también puede ocurrir en la región del dentado, en particular en un extremo del vano de diente, y la herramienta puede moverse entonces con generación de virutas a lo largo del flanco de diente que hay que mecanizar, con la misma distancia constante previamente mencionada.

30 Al comienzo y durante el proceso de fresado, la herramienta puede posicionarse y en particular arrepasarse de manera permanente, de tal forma que el eje de la herramienta siempre está en el mismo ángulo con respecto a la superficie del flanco que hay que mecanizar. Al mismo tiempo, la herramienta puede ser movida, en particular a través de todos los dispositivos de accionamiento rotativos y/o traslativos, a lo largo de una curva longitudinal de flanco de diente. Esto quiere decir que el vector de dirección del movimiento de avance de la herramienta sustancialmente siempre es tangencial con respecto a la curva longitudinal del flanco o a una línea paralela a la misma. En otras palabras, la inclinación del eje de la herramienta en relación a la curva longitudinal del flanco de diente en la dirección transversal y/o longitudinal, correspondiendo la geometría del flanco de diente o del vano entre dientes, se repasa permanentemente a través del dispositivo de mando en particular en por lo menos cinco ejes, en donde el ángulo entre el eje de la herramienta y la curva longitudinal del flanco de diente en la dirección longitudinal y/o transversal de la curva longitudinal del flanco de diente permanece constante. Con esto se pueden producir sustancialmente todos los engranajes rectos y circunferenciales exteriores conocidos. Sin embargo, con este procedimiento también se pueden producir dentados totalmente nuevos.

35 Preferentemente, el dentado es fresado previamente en un proceso de mecanizado en bruto mediante una herramienta de mecanizado previo, de tal manera que el dentado adopta de forma por lo menos aproximada la geometría de fresado nominal, y en un subsiguiente proceso de mecanizado fino mediante una herramienta de mecanizado fino se acaba el fresado, de tal manera que el dentado adoptar la geometría de fresado nominal acabada, ejecutándose respectivamente los pasos (a) - (f). Entre el proceso de mecanizado en bruto y el proceso de mecanizado fino se puede realizar un proceso de medición para comprobar el contorno fresado. El proceso de medición puede realizarse directamente en la máquina herramienta, por ejemplo mediante un palpador de medición o un dispositivo de medición óptico (cámara, láser). También es posible realizar otros mecanizados adicionales del dentado después del proceso de mecanizado fino, por ejemplo un tratamiento térmico y/o un mecanizado de rectificado o esculpado. Por ejemplo, el mecanizado puede dividirse en un mecanizado blando y un mecanizado duro, es decir que después del mecanizado blando la pieza de trabajo primero es endurecida antes de ser sometida al mecanizado duro en estado endurecido. Normalmente, la última etapa de trabajo es un mecanizado fino en estado duro, por ejemplo mediante rectificado, esculpado o fresado (afinado).

40 A través de la invención es posible usar diferentes herramientas de fresado, en particular herramientas de fresado diferentes en su diámetro exterior y/o la forma de los filos, dentro de un mismo vano de diente en la misma máquina, para producir el dentado. Adicionalmente, la invención ofrece la posibilidad de ajustar el vector de orientación de la herramienta de forma específica en vista de un contacto de corte óptimo entre la herramienta y la pieza de trabajo.

En particular en engranajes de mayor tamaño, por ejemplo a partir del módulo 12, se pueden lograr tiempos de mecanizado significativamente más cortos debido a un elevado volumen de generación de virutas por unidad de tiempo, en donde ventajosamente se pueden usar fresas con placas de corte favorables en cuanto al coste.

5 En particular en el desbastado, comparado con el estado actual de la técnica (fresado por generación continuo o intermitente, fresado en cortes paralelos), la herramienta de fresado puede ser movida a lo largo de trayectorias de avance, aprovechando de manera óptima la capacidad de rendimiento de la máquina herramienta y de la herramienta empleada. La trayectoria de avance de la herramienta dentro del vano entre dientes no se tiene que limitar a una sola trayectoria específica. Más bien se puede seleccionar una distribución de cortes que presente
10 varias trayectorias dependiendo de las dimensiones del vano entre dientes. La distribución de cortes ventajosamente puede afectar tanto la profundidad como también la anchura del vano entre dientes. La profundidad del vano entre dientes que hay que crear se puede mecanizar en varios pasos, de tal manera que el mecanizado se realiza en varios niveles. Dentro del respectivo nivel se pueden posicionar varias trayectorias de avance de la herramienta de forma adyacente. El número de trayectorias de avance en un nivel normalmente tiende a disminuir a medida que
15 aumenta la profundidad, porque también la anchura del vano entre dientes se reduce a medida que aumenta la profundidad. La distribución de cortes en lo referente a la profundidad y la anchura del vano entre dientes puede ser ajustada ventajosamente dependiendo de los siguientes parámetros:

- Tamaño del módulo
- 20 - Número de dientes que afecta la forma del vano entre dientes
- La geometría de la herramienta empleada, en particular la anchura de corte, la forma del filo, el tamaño del paso de diente
- El material que hay que mecanizar
- La capacidad de rendimiento de la máquina herramienta, por ejemplo la potencia de husillo o el momento de
25 torsión de husillo, respectivamente, la rigidez en la construcción de la máquina
- La geometría de diente, en particular la altura del diente, la anchura del diente y/o el ángulo de los flancos.

Particularmente ventajosa es la posibilidad de usar diferentes herramientas de fresado, adaptadas de manera óptima a la respectiva trayectoria de avance. Debido a los tiempos de maquinado-a-maquinado muy cortos en las máquinas
30 herramienta modernas, en particular los centros de mecanizado, el tiempo requerido para un cambio de herramienta prácticamente no tienen ninguna importancia en vista del tiempo ahorrado por el empleo óptimo de la herramienta. Así, por ejemplo, en la región superior del vano entre dientes se pueden usar herramientas de fresado con grandes placas de corte, las cuales presentan una anchura de corte particularmente grande y con las que se puede alcanzar un volumen de generación de virutas por unidad de tiempo particularmente alto. A medida que aumenta la
35 profundidad y disminuye la anchura del vano entre dientes, se emplean preferentemente herramientas de fresado con una anchura de corte más reducida.

En determinados casos puede ser necesario que las trayectorias de avance adyacentes no se coloquen en un mismo nivel, sino respectivamente en profundidades distintas en relación a la cabeza del diente o al fondo del vano
40 entre dientes. Por ejemplo, esto es el caso cuando con una herramienta de fresado equipada con placas de corte grandes se remueve una gran parte del material del vano entre dientes a través de una única trayectoria de fresado y a continuación se remueve el resto del material con una herramienta de fresado equipada con placas de corte más pequeñas.

45 Las herramientas de fresado con placas de corte redondas son particularmente apropiadas para el desbaste de los vanos entre dientes. Las placas de corte se pueden fabricar de manera económicamente favorable en diferentes tamaños, calidades y con diferentes así llamadas geometrías (por ejemplo, con un ángulo de desbaste positivo o negativo). De esta manera se obtiene una reducción permanente en el coste de las herramientas.

50 Las trayectorias de avance para el mecanizado de un vano entre dientes preferentemente se extienden en forma de meandro, es decir, las distintas trayectorias se conectan inmediatamente entre sí, sin que se produzca un movimiento de marcha apurada entre las trayectorias de avance. De esta manera se obtienen trayectorias de avance con diferentes secuencias de proceso, tales como inmersión - rodadura - desplazamiento transversal, etc., o inmersión - rodadura - inmersión - rodadura - desplazamiento - rodadura - inmersión - rodadura, etc.

55 En el uso de diferentes herramientas para mecanizar un vano entre dientes resulta ventajoso mecanizar primero todos los vanos entre dientes con la respectiva herramienta. Esto se debe a que el tiempo para hacer avanzar el engranaje al siguiente paso de diente normalmente es más corto que el tiempo requerido para un cambio de herramienta. Cuando se plantean requisitos especiales, por ejemplo en el caso de exigencias de precisión muy elevadas, puede ser ventajoso por el contrario si se realiza el mecanizado de desbaste de manera completa para
60 cada vano entre dientes, antes de continuar con el mecanizado de los otros vanos entre dientes. En tal caso será necesario conformarse con una pluralidad de cambios herramienta, aunque en los cambiadores de herramienta de las máquinas herramienta modernas, el tiempo de desbaste a desbaste es de apenas dos a tres segundos, por lo que también con esta forma de proceder se puede alcanzar un alto grado de productividad, ya que se pueden usar
65 máquinas herramienta correspondientes que estén equipadas con el dispositivo de mando de acuerdo con la invención.

Las trayectorias de avance se extienden substancialmente de manera equidistante con respecto a la dirección longitudinal del flanco de diente. En los dentados de ruedas cónicas helicoidales, los flancos de diente están curvados en la dirección longitudinal y además el vano entre dientes se hace más ancho hacia afuera. Esto tiene como consecuencia que también las trayectorias de avance en su mayoría se extienden de forma curvada y su distancia referida a la respectiva profundidad de fresado disminuye hacia adentro, es decir, en dirección hacia el eje de giro. El rebaje de material producido por el procedimiento de fresado de manera correspondiente a la anchura del corte de fresado por consiguiente resulta en una intersección en el extremo interior del vano entre dientes antes que en el extremo exterior. Debido a esta intersección en el extremo interior, en algunos casos no es necesario que una parte de la trayectoria de avance se extienda sobre la longitud entera del vano entre dientes. De esto resulta como mínimo una trayectoria de avance más corta y en consecuencia un tiempo de mecanizado más corto.

Debido a la yuxtaposición de las trayectorias de avance en forma de meandro, resulta que el fresado se hace tanto en marcha igual como también en marcha contraria. Sin embargo, en determinados casos puede ser ventajoso que el fresado se haga o bien sólo en marcha igual o sólo en marcha contraria. En ese caso es necesario mover la herramienta de fresado al final de su respectiva trayectoria de avance sin contacto con la pieza de trabajo a la posición inicial de la trayectoria de avance respectivamente subsiguiente. Esto se hace preferentemente en marcha rápida. La trayectoria de avance total que en principio tiene forma de meandro, en este caso se interrumpe por las marchas rápidas intermedias

En el uso de herramientas de fresado con placas redondas, en el flanco de diente quedan salientes de material de forma ondulada, lo cual puede ser inconveniente para el subsiguiente endurecido y el posterior mecanizado de acabado de los flancos de diente. Para prevenir o, respectivamente, para remover esos salientes de material, como última herramienta de fresado preferentemente se usa una herramienta de fresado que presente placas de corte con secciones del borde cortante rectilíneas. Con semejante herramienta se puede producir con gran exactitud la forma requerida del flanco de diente. También en esta herramienta es posible realizar el mecanizado en varias etapas en lo referente a la profundidad. Alternativamente, también se pueden usar herramientas de fresado con filos redondos, en particular en forma de placas, en las que a continuación de la sección redonda se conecte una sección recta, de tal manera que dicha sección recta se pueda usar para remover los salientes de material de forma ondulada previamente mencionados, sin que para ello se requiera un cambio de herramienta.

En lugar de las secciones de borde cortante rectilíneas, para la remoción de los salientes de material de forma ondulada también pueden proveerse secciones de borde cortante de forma ligeramente arqueada, en particular para obtener un contorno abombado de los flancos de diente.

Además de las placas de filo redondo o, en términos generales, filos con una superficie exterior redonda, para el desbaste también se pueden usar placas de corte o filos que por lo menos a lo largo de una sección parcial tengan una configuración rectilínea. Mediante las secciones de bordes cortantes rectilíneos se pueden producir formas de flancos de diente particularmente precisas. Por ejemplo, las placas de corte pueden tener una forma de trapecio, resultando particularmente ventajoso en esta forma de realización si las esquinas están provistas con radios. De esta manera se minimiza el desgaste en las esquinas y además se logra un así llamado corte blando, es decir que el golpe de contacto cortante durante la inmersión del borde cortante en el material de la pieza de trabajo es reducido. Debido a esto, la máquina herramienta se somete a una carga menor y se producen menos vibraciones, lo cual tiene un efecto positivo en la calidad de la superficie.

En una forma de realización particular se provee una placa de corte en la que a una sección circular frontal se conectan dos secciones rectilíneas, de manera comparable a una V con una punta redondeada. Semejante placa de corte combina un rendimiento de remoción de material muy alto con una gran precisión de mecanizado y un corte muy blando.

De manera particularmente ventajosa, semejante placa de corte puede ser usada para el desbaste cuando el vector de orientación de la herramienta de fresado que soporta la placa de corte se emplea de manera flexible. Si por ejemplo la profundidad de diente de un vano entre dientes se fresa en cinco etapas, la sección de borde cortante de rectilínea de la placa de corte en el respectivo nivel está en contacto con el material a lo largo de la altura entera del flanco de diente. Aquí existe el peligro de que se produzca una sobrecarga del filo o también que se generen vibraciones. Debido a los por lo menos 5 grados de libertad de la máquina herramienta, ahora es posible modificar el vector de orientación de la herramienta de manera flexible. El vector de orientación puede ser ajustado de tal manera que las secciones de bordes cortantes rectilíneos durante el fresado en el nivel respectivamente siguiente se inclinen hacia atrás con respecto a la superficie ya fresada de la pieza de trabajo por un ángulo α . Aquí también quedan salientes de material de forma ondulada en el flanco de diente, según se ha descrito previamente en el ejemplo de la placa redonda. La remoción de estos salientes de material en este caso se puede hacer con una misma herramienta, acostando el vector de orientación de la herramienta de tal manera que el ángulo α se reduce a cero. En una etapa de mecanizado subsiguiente al fresado con generación de virutas, con este ajuste de máquina se lleva a cabo la remoción del material sobresaliente. Con el uso de la herramienta de fresado descrita, por lo tanto es posible prescindir del montaje de una herramienta de fresado especial, lo que se traduce en un ahorro de tiempo.

El tamaño del ángulo α puede seleccionarse por ejemplo dependiendo de la geometría de la herramienta de fresado, así como del tamaño (el módulo), el número de dientes y/o el material del engranaje, y preferentemente se ubica entre 1° y 20° , en particular entre 2° y 12° , de manera particularmente ventajosa entre 3° y 7° .

5 Debido al rápido cambio de herramienta es posible usar una herramienta propia para el mecanizado de cada flanco. Una fresa se optimiza para mecanizar un flanco cóncavo, mientras que otra fresa se optimiza para mecanizar un flanco convexo. Cada herramienta puede ser optimizada en vista de los requerimientos especiales del respectivo flanco de diente, por ejemplo, en lo referente al ángulo de un filo de forma trapezoidal, de tal manera que se obtiene un óptimo resultado de fresado y una larga duración de la herramienta.

10 El vector de orientación de la herramienta, que de acuerdo con la descripción precedente se varía, puede ser definido, por ejemplo, por el eje de la herramienta o el eje de giro de la herramienta, respectivamente, tiene una orientación predeterminada con respecto al dentado que hay que crear, en particular con respecto a una vertical sobre el flanco de diente, en donde la vertical por ejemplo puede pasar por el punto de escuadra que está posicionado a media altura de un diente entre la base del diente (fondo del vano entre dientes) y la cabeza del diente y media longitud del flanco de diente (en dirección longitudinal). De acuerdo con una forma de realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, en primer lugar se producen los primeros flancos de diente de todos los dientes por fresado y después se producen los segundos flancos de diente dispuestos en el otro lado del diente.

15 Una herramienta de acuerdo con la invención presenta una pluralidad de filos, cuyo círculo de giro durante la rotación de la herramienta representa una superficie de disco, una superficie cilíndrica o una superficie de cono y/o una superficie tórica. Todos los filos que están dispuestos para el mecanizado del mismo flanco de diente de un dentado que hay que crear, en donde por cada flanco de diente se provee una pluralidad de tales filos, están posicionados en un círculo de giro común.

20 De manera particularmente preferente, todos los filos, o todas las placas de corte si se usan placas de corte para formar los filos, que se proveen en la herramienta para el mecanizado de un mismo flanco de diente de un dentado que hay que crear, son idénticos entre sí.

25 Por cada flanco de diente se puede proveer, por ejemplo, un grupo de filos idénticos o de placas de corte idénticas, respectivamente, en donde los filos respectivamente están posicionados en el mismo círculo de giro.

La invención será descrita más detalladamente a continuación mediante ejemplos de realización con referencia a los dibujos.

35 En los dibujos:

La figura 1 muestra en una representación esquemática de sección parcial la entrada de una herramienta de acuerdo con el procedimiento parcial individual o el procedimiento parcial continuo conocido.

40 La figura 2 es una representación esquemática de una máquina herramienta de acuerdo con la invención.

La figura 3 es una representación esquemática de la entrada de una herramienta en una pieza de trabajo para fabricar el dentado conforme al procedimiento de acuerdo con la invención.

45 La figura 4 es una primera posibilidad ejemplar para una distribución de cortes en tres niveles E1, E2 y E3 en la dirección de profundidad de un vano entre dientes.

50 La figura 5 es una forma de realización alternativa a la figura 4, en donde para diferentes niveles se usan herramientas distintas.

La figura 6 muestra una posibilidad adicional para la distribución de los cortes cuando se usa una herramienta con flancos correctos, en particular paralelamente opuestos, que están unidos entre sí a través de un radio en la punta de la herramienta.

55 La figura 7 muestra una forma de realización alternativa de una forma de corte prevista con una herramienta cuyos filos presentan la forma de una V con una punta redondeada y en la que se previene una sobrecarga del filo al proveerse un ángulo α .

60 La figura 8 es una vista superior sobre un vano entre dientes con trayectorias de fresado de diferente longitud debido a la forma cóncava del vano entre dientes.

La figura 9 muestra esquemáticamente una trayectoria de corte, en donde en la región de la base del diente se obtiene una muesca.

65

Las Figs. 10-12 muestran formas de realización posibles de una herramienta con placas de corte de diferentes formas.

La figura 13 es una vista superior sobre una forma de realización ventajosa de una herramienta.

En la figura 1 se muestra esquemáticamente la entrada de la herramienta 3 en la pieza de trabajo 7 para producir un dentado 13 a través del procedimiento parcial individual o parcial continuo de acuerdo con el estado de la técnica. La herramienta 3 está configurada como cabezal portacuchillas y comprende una pluralidad de cuerpos cortantes 22, de los cuales sólo se muestra uno. La pluralidad de cuerpos cortantes 22 está dispuesta de manera concéntrica con respecto al diámetro exterior de la herramienta 3, en donde los cuerpos cortantes 22 están ubicados radialmente dentro de la circunferencia exterior de la herramienta 3. Los cuerpos cortantes 22 se extienden en la dirección axial de la herramienta 3, en donde sus ejes longitudinales se extienden de forma substancialmente paralela con respecto al eje de herramienta 5 de la herramienta 3. Los cuerpos cortantes 22 presentan respectivamente por lo menos un filo 14, en donde los filos 14 en el procedimiento parcial individual son idénticos y en particular presenta la forma de un vano entre dientes 17 que hay que fabricar. En este procedimiento, la pieza de trabajo 7 sólo se mueve escasamente y sólo gira la herramienta 3. De manera contraria a esto, en el procedimiento parcial continuo, la pieza de trabajo 7 y la herramienta 3 giran alrededor de su eje de giro relativamente entre sí, cumpliendo determinadas regularidades.

La figura 2 muestra una representación esquemática de los componentes básicos de una máquina herramienta de acuerdo con la invención. La misma comprende un bastidor de máquina 1 y un dispositivo de sujeción 6 montado en el mismo para sujetar una pieza de trabajo 7 que hay que mecanizar, por ejemplo, un engranaje cónico. El dispositivo de sujeción 6 y/o la pieza de trabajo 7 tienen asignados un dispositivo de accionamiento rotativo 8, para hacer girar la pieza de trabajo 7 y/o el dispositivo de sujeción 6 alrededor de un eje de la pieza de trabajo 10 (en el presente caso el eje C). Adicionalmente, el bastidor de máquina 1 soporta un dispositivo de accionamiento 4 para el accionamiento rotativo de un portaherramientas 2 que contiene una herramienta 3 alrededor de un eje de herramienta 5. El dispositivo de accionamiento 4 y el portaherramientas 2 en el presente ejemplo están reunidos en un cabezal angular. El cabezal angular en el presente ejemplo se puede mover a lo largo de tres ejes mutuamente perpendiculares X, Y, Z en relación a la pieza de trabajo. Para ello se provee por lo menos un dispositivo de accionamiento traslativo 11. Adicionalmente, para producir un movimiento angular relativo entre el eje de la herramienta 5 y el eje de la pieza de trabajo 10, el cabezal de herramienta puede hacerse girar alrededor del eje Y (eje B). Por lo tanto, la máquina herramienta aquí comprende 5 ejes, los cuales pueden ser controlados de manera sustancialmente simultánea a través de un dispositivo de mando 12.

Obviamente, también sería imaginable una disposición diferente de los ejes. También se podrían proveer otros ejes de desplazamiento o de giro adicionales, mediante los cuales el dispositivo de sujeción 6, la pieza de trabajo 7, la herramienta 3 o el portaherramientas 2 se puedan mover de forma mutuamente relativa.

Asimismo, la máquina herramienta puede estar equipada con un dispositivo de cambio de herramienta, no mostradas aquí, que en particular permite un cambio de herramienta automático entre el portaherramientas 2 y un cargador de herramientas no mostrado.

Asimismo, la máquina herramienta puede comunicarse con dispositivos de medición externos para comprobar la geometría del dentado que se ha fresado, en particular durante las distintas etapas de mecanizado.

En la figura 3 se muestra la entrada de una herramienta 3 de acuerdo con la invención en la pieza de trabajo 7 para producir un dentado 13. La herramienta 3 en el presente caso está realizada como cabezal portacuchillas y comprende un cuerpo de base 23 para sujetar los cuerpos cortantes 22. Los cuerpos cortantes 22 pueden estar configurados, por ejemplo, como placas de corte de inversión intercambiables. Los cuerpos cortantes 22 comprenden por lo menos un filo 14. De acuerdo con la figura 3a, los cuerpos cortantes 22 se extienden en un plano sustancialmente o completamente plano. El círculo de giro de los filos 14 por lo tanto representa una superficie de disco. De acuerdo con la figura 3b, los cuerpos cortantes 22, frente a semejante plano uniforme, que en particular se extiende de forma perpendicular al eje de giro 5 de la herramienta 3 (eje de herramienta 5), se inclinan en dirección a dicho eje, de tal manera que cubren una superficie cónica cuando la herramienta 3 se hace girar. Los cuerpos cortantes 22 en el presente ejemplo están dispuestos de manera equidistante en la periferia del cuerpo de base 23 y se proyectan aquí en la dirección radial más allá del diámetro exterior del cuerpo de base 23. Para producir un vano entre dientes 17, la herramienta 3 primero se desplaza a una posición inicial, de tal manera que el diámetro exterior de la herramienta 3 en relación al eje de herramienta 5 se ubica fuera de la pieza de trabajo 7, con la finalidad de prevenir colisiones de la herramienta 3 con la pieza de trabajo 7. De manera simultánea o subsiguiente, el eje de herramienta 5 se posiciona en relación al flanco de diente 15, 16 de manera correspondiente a la geometría del vano entre dientes que hay que fresar. Si el dentado 13 presenta una forma de flanco arqueada – visto en una sección perpendicular a una curva de flanco de diente 21 a través del dentado –, el eje de herramienta 5 se puede posicionar y en particular ajustar de tal manera que los filos 14 se ubican sustancialmente siempre de manera tangencial sobre el flanco de diente arqueado 15, 16.

La herramienta en rotación 3 a continuación se mueve a lo largo de la curva del flanco de diente 21 en la dirección

de avance hacia la pieza de trabajo 7. Según se puede observar en la figura 3, el eje de herramienta 5 se dispone de manera perpendicular o angular con respecto al lado del flanco de diente que hay que rebajar, en este caso 15, en donde con un dentado arqueado, en particular un dentado de engranaje cónico, la orientación absoluta del eje de herramienta 5 se sigue de manera permanente o se varía, respectivamente, en el movimiento de la herramienta 3, para mantener dicha orientación relativa con respecto al lado del flanco de diente que hay que rebajar, en este caso 15. El eje de herramienta 5 en el presente caso se extiende por fuera del vano entre dientes 17 actualmente mecanizado. A este respecto, la herramienta 3 se puede guiar de tal forma que la circunferencia exterior de la herramienta 3, en particular de los filos 14 o, respectivamente, el contorno del círculo de giro de los filos 14 en relación al eje de la herramienta siempre se extiende de manera paralela a un fondo del vano entre dientes 20 y/o a la cabeza del diente 19. Dependiendo de la geometría del dentado, durante el movimiento de avance de la herramienta 3 a lo largo de la curva del flanco de diente 21 o de una paralela a la curva del flanco de diente 21, sustancialmente todos los 5 ejes de la máquina herramienta son controlados simultáneamente a través del dispositivo de mando 12 (figura 1).

Por consiguiente, en este procedimiento cada flanco 15, 16 del vano entre dientes 17 se mecaniza individualmente. Después de completarse el proceso de fresado a lo largo del flanco de diente 15, 16 entero, la herramienta puede hacerse retornar a la posición inicial y el dispositivo de sujeción 6 con la pieza de trabajo 7 puede moverse alrededor del eje de la pieza de trabajo a la siguiente posición equivalente a un paso de dentado. A continuación se fresa el siguiente flanco de diente. También es posible mecanizar cada flanco de diente 15, 16 varias veces de forma sucesiva, por ejemplo, el primero con una herramienta de desbaste (proceso de mecanizado en bruto) y luego con una herramienta de acabado (proceso de mecanizado fino), antes de colocar la pieza de trabajo en la siguiente posición de paso de diente. Alternativamente, todos los flancos de diente 15, 16 de todos los dientes primeros son desbastados, antes de usar una herramienta de acabado, para luego acabar y/o rectificar todos los flancos de diente 15, 16 de todos los dientes, para alcanzar así el mecanizado fino.

Finalmente, también es posible producir los primeros flancos de diente 15 por fresado y llevando la pieza de trabajo a la siguiente posición para producir el paso del dentado, en donde en particular se mantiene la orientación de la herramienta en una primera dirección o, respectivamente, durante el repaso de la pieza de trabajo a lo largo del contorno del flanco de diente que hay que producir en un primer ámbito direccional, y cambiando después de la orientación de la herramienta en relación a la pieza de trabajo, para producir el segundo flanco de diente 16 mediante el fresado y el cambio de la pieza de trabajo a la siguiente posición de mecanizado, en donde en particular se mantiene la orientación de la pieza de trabajo en una segunda dirección o en un segundo ámbito direccional, respectivamente. También aquí es posible que después del fresado de todos los flancos de diente 15, 16 se realicen otras etapas de mecanizado adicionales, en particular un endurecimiento y/o un mecanizado fino, en donde el mecanizado fino nuevamente puede ser efectuado, por ejemplo, en el orden secuencial mencionado, es decir, primero el mecanizado de todos los flancos de diente 15 y después el mecanizado de todos los flancos de diente 16.

De acuerdo con una forma de realización de la invención, en un proceso de mecanizado en bruto primero se fresa una ranura en el vano entre dientes que hay que fabricar, antes de que los dos flancos de diente mutuamente opuestos se produzcan individualmente a través de un proceso de mecanizado fino, en particular de acuerdo con la secuencia de fabricación previamente descrita.

Obviamente, en general también es posible no hacer girar la pieza de trabajo (llevarla a la siguiente posición de mecanizado) o no sólo hacer girar la pieza de trabajo para lograr el movimiento relativo de la pieza de trabajo alrededor del eje de la pieza de trabajo 10 con respecto a la herramienta 3 o el portaherramientas 2, respectivamente.

Entre el proceso de mecanizado en bruto y el proceso de mecanizado fino puede estar previsto uno o varios procesos de mecanizado intermedios. Los procesos de mecanizado previo, de mecanizado de acabado y/o de mecanizado intermedio pueden realizarse con una misma herramienta o con herramientas diferentes que ofrecen parámetros de corte óptimos para el respectivo mecanizado. Con esto se reduce en particular el tiempo tecnológico de producción y por lo tanto también el tiempo de fabricación total, así como los costes de herramientas.

La figura 4 muestra un ejemplo de una distribución de cortes, en donde el desbaste se puede realizar con una misma herramienta. Por ejemplo, la herramienta presenta una pluralidad de filos en forma de círculo o en forma de segmentos de círculo, dispuestos a lo largo de la circunferencia, formados en particular por cuerpos de corte.

En la representación mostrada, la secuencia de cortes puede seleccionarse de tal manera, por ejemplo, que primero se fresa el nivel E 1, es decir, el primer tercio de la profundidad del vano entre dientes 17, después el nivel E2, es decir, el segundo tercio de la profundidad del vano entre dientes, y finalmente el nivel E3, es decir, el tercer tercio de la profundidad del vano entre dientes. Mientras que en el nivel E3 es suficiente una sola pasada de fresado a lo largo de la dirección longitudinal del vano entre dientes, en particular de forma simultánea a lo largo de ambos flancos de diente 15 y 16, en los niveles situados más arriba (E1, E2) se requieren varias pasadas a lo largo de los flancos de diente, en este caso en el nivel E2 una vez a lo largo del flanco de diente 15 y una vez a lo largo del flanco de diente 16, y en el nivel E1 una vez a lo largo del flanco de diente 15, una vez a lo largo del flanco de diente 16 y una vez en el medio entre los dos flancos de diente 15 y 16, respectivamente en la dirección longitudinal del vano entre dientes.

La figura 5 muestra otro patrón de cortes adicional posible que en gran medida corresponde al de la figura 4, aunque usando diferentes herramientas para niveles diferentes. Mientras más profundo esté posicionado el nivel dentro del vano entre dientes 17, más pequeño es el filo de la herramienta empleada. De esta manera se puede reducir la cantidad de material sobresaliente residual en los flancos de diente 15, 16 (marcado en negro).

La figura 6 muestra una distribución de cortes adicional posible con una herramienta, cuyos filos se mueven primero a lo largo del flanco de diente 15 y después a lo largo del flanco de diente 16. Debido a las secciones rectilíneas de los filos los salientes de material en los flancos de diente 15, 16 pueden ser removidos con respectivamente una trayectoria de avance a lo largo de la dirección longitudinal del vano entre dientes. Por consiguiente, el eje de la herramienta presenta otro vector de orientación o, respectivamente, otra alineación con respecto a la pieza de trabajo durante el mecanizado de cada flanco.

La figura 7 corresponde en gran medida a la figura 6, aunque en este caso la herramienta se mueve con su borde cortante inclinado en relación al flanco de diente 15 (y subsiguientemente también en relación al flanco de diente 16, no mostrado) a lo largo de la dirección longitudinal del vano entre dientes, de tal manera que se forma un ángulo α entre el filo y el flanco de diente 15. De esta manera se obtiene un alto rendimiento de generación de virutas, sin que se sobrecargue el borde cortante. El material sobresaliente residual puede ser eliminado con la misma herramienta en la última pasada de fresado, en donde el ángulo α será entonces de 0° o casi 0° . El patrón de corte mostrado previene además que se produzcan daños en la región exterior de los flancos de diente 15, 16 durante el fresado de la región interior de los flancos de diente 15, 16, debido a que se previene eficazmente un choque de la herramienta en la región exterior.

En el ejemplo de realización mostrado en la figura 7, los filos mutuamente opuestos de la herramienta se extienden de forma oblicua entre sí, de tal manera que el patrón de corte presenta la forma de una V con una punta redondeada, en particular mediante el uso de una placa de corte con semejantes circunferencia exterior. El ángulo entre los filos mutuamente opuestos por ejemplo es de 1° a 10° , en particular 4° a 6° , ventajosamente 5° más pequeño que el ángulo entre los flancos de diente mutuamente opuestos 15, 16. Por ejemplo, el ángulo entre los filos es de 35° y el ángulo entre los flancos de diente 15, 16 es de 40° .

La figura 8 muestra un patrón de corte posible en una vista superior sobre un vano entre dientes cónico 17 entre dos cabezas de diente 19. Según se puede ver, las trayectorias de corte de la herramienta se extienden en la dirección longitudinal del vano entre dientes 17, primero a lo largo del flanco de diente 15 desde afuera hacia adentro, referido al engranaje, después desde adentro hacia afuera a lo largo del flanco de diente 16, continuando luego dentro del vano entre dientes a una distancia equivalente a la anchura del filo con respecto al flanco de diente 16 nuevamente desde afuera hacia adentro, y de manera correspondiente también en el otro lado a una distancia equivalente a la anchura del filo a lo largo del flanco de diente 15, y entonces en la región media entre los flancos de diente 15 y 16 nuevamente desde afuera hacia adentro y viceversa, en donde durante el último movimiento desde afuera hacia adentro no se recorre la longitud entera del vano entre dientes, debido a que esto no es necesario debido al extremo interior más estrecho. Por lo tanto, se obtiene un tiempo de mecanizado corto.

En la figura 9 se presenta una vez más un vano entre dientes 17 con flancos de diente 15 y 16, en donde en la región del extremo inferior de los flancos de diente 15, 16 se provee respectivamente una muesca. Una muesca semejante puede ser producida con la herramienta de desbaste de acuerdo con la presente invención, conforme al procedimiento de acuerdo con la invención y conforme al dispositivo de acuerdo con la invención, respectivamente, en particular mediante el uso de un borde cortante redondo. Obviamente, también es posible realizar una herramienta de afinado con la disposición y el contorno de los filos de acuerdo con la presente invención.

Las figuras 10, 11 y 12 muestran ejemplos de realización esquemáticos para diferentes formas de herramientas 3 de acuerdo con la invención, comprendiendo respectivamente un cuerpo de base 23 y una pluralidad de cuerpos cortantes 22, en donde conforme a la figura 10 los cuerpos cortantes 22 presentan tales filos 14 que se forma un primer círculo de giro en forma de una superficie cónica y un segundo círculo de giro en forma de una superficie de disco. El filo que forma la superficie cónica está conectado a través de un radio con el filo 14 que forma el disco.

En las figuras 11 y 12 se proveen cuerpos cortantes 22 con un filo correspondientemente redondo 14, en donde el cuerpo de base 23 de acuerdo con la figura 11 presenta brazos proyectados diagonalmente que soportan a los cuerpos cortantes 22, mientras que en la figura 12, los brazos que soportan a los cuerpos cortantes 22 están orientados de forma angular hacia abajo.

En la figura 13 se representa un ejemplo de realización para una herramienta 3 de acuerdo con la invención, comprendiendo dos grupos de cuerpos cortantes. En el presente ejemplo, el primer grupo de cuerpos cortantes está designado con el símbolo de referencia 22 y el segundo grupo de cuerpos cortantes con el símbolo de referencia 22'. Según se puede ver, todos los cuerpos cortantes 22, 22' se ubican sobre un círculo de giro durante la rotación de la herramienta 3. Por ejemplo, los cuerpos cortantes 22' del segundo grupo están dispuestos radialmente más hacia adentro y más hacia arriba sobre el cuerpo de base 23 de la herramienta 3. Los cuerpos cortantes 22 del primer grupo corresponden, por ejemplo, a los cuerpos cortantes 22 de acuerdo con la figura 10, en donde los cuerpos cortantes 22' estarían dispuestos entonces en la figura 10 más arriba y más hacia la izquierda en comparación con

los cuerpos cortantes 22.

Debido a la libertad de movimiento de acuerdo con la presente invención durante el movimiento de la herramienta a lo largo de la dirección longitudinal del vano entre dientes, también se pueden producir flancos de diente con un adelgazamiento usando filos o bordes cortantes rectos. De manera particularmente ventajosa, dicho adelgazamiento se obtiene con una herramienta de afinado que está configurada de acuerdo con la invención y que se hace avanzar entre los dientes en varias trayectorias de avance en diferentes niveles (es decir, en diferentes profundidades) y con un ángulo α respectivamente diferente en relación a una línea media de altura o una línea recta a lo largo de la superficie de los flancos de diente. La variación del ángulo α por ejemplo es muy pequeña y en particular puede tener un valor de tan sólo fracciones de un grado.

Una ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención es que la forma de la herramienta no está sujeta al contorno de los flancos de diente del dentado que hay que producir y por consiguiente se pueden producir dentados con diferentes contornos usando la misma herramienta. El radio del círculo de giro del filo de la herramienta ventajosamente puede ser seleccionado libremente de manera independiente de la pieza de trabajo. La inclinación del eje de la herramienta de manera transversal a la línea del flanco de diente se puede ajustar de manera relativamente variable dependiendo de la forma del diente y de la forma del filo de la herramienta.

El procedimiento de acuerdo con la invención también podría denominarse como procedimiento de fresado por generación con eje de herramienta inclinado de manera transversal y en particular longitudinal con respecto a la dirección de fresado, en donde los filos de la herramienta pueden usarse de manera flexible y no tienen que presentar ninguna angulosidad de flancos exacta, es decir, ninguna forma externa adaptada con exactitud al contorno de los flancos que hay que producir. Esto resulta en una reducción significativa de los costes de herramientas, una gran versatilidad de uso de la máquina herramienta, así como una reducción del tiempo de mecanizado de las piezas de trabajo.

Según el procedimiento de acuerdo con la invención, es posible una combinación de fresado por generación y fresado con herramienta profundizante con un vector de orientación flexible del eje de la herramienta, en donde el rendimiento de generación de virutas se puede incrementar significativamente en comparación con procedimientos convencionales. En particular se pueden usar diferentes contornos de fresa, desde la fresa de disco hasta la fresa de cabeza al portacuchillas para aplanar o la fresa de pote.

En comparación con el fresado de engranajes cónicos mediante una fresa frontal convencional, cuyo lado frontal se sumerge simultáneamente en cada vano entre dientes que hay que crear, de acuerdo con la invención la herramienta puede ser realizada con un diámetro sustancialmente mayor, debido a que mediante la inclinación del eje de herramienta de manera transversal al vano entre dientes, en particular con placas de corte acodadas en ángulo en la herramienta, siempre es sólo una parte del filo que se sumerge en el vano entre dientes. De esta manera se pueden proveer cajas de virutas más grandes en la herramienta. Así se puede lograr un mayor rebaje de material de la pieza de trabajo en cada pasada de la herramienta y se puede lograr un desprendimiento de viruta particularmente intenso. De esta forma, a su vez es posible alcanzar una mayor precisión, ya que la herramienta tiene que pasar menos veces por la pieza de trabajo.

Los cuerpos cortantes ventajosamente presentan filos configurados de tal manera que pueden arrancar material de la pieza de trabajo con el lado frontal de la herramienta, con la circunferencia exterior y con la circunferencia interior de los cuerpos cortantes, referido al eje de la herramienta.

Lista de símbolos de referencia

- 1 Bastidor de máquina
- 2 Portaherramientas
- 3 Herramienta
- 4 Dispositivo de accionamiento
- 5 Eje de herramienta
- 6 Dispositivo de sujeción
- 7 Pieza de trabajo
- 8, 9 Dispositivo de accionamiento rotativo
- 10 Eje de la pieza de trabajo
- 11 Dispositivo de accionamiento traslativo
- 12 Dispositivo de mando
- 13 Dentado
- 14 Filos
- 15, 16 Flancos de diente
- 17 Vano entre dientes
- 18 Región
- 19 Cabeza de diente
- 20 Fondo del vano entre dientes

- 21 Curva del flanco entre dientes
- 22 Cuerpo cortante
- 23 Cuerpo de base

5

REIVINDICACIONES

1. Máquina herramienta, en particular máquina fresadora, comprendiendo

- 5 1.1 un bastidor de máquina (1);
 1.2 un portaherramientas (2) montado sobre el bastidor de máquina (1), en el que se aloja una herramienta (3);
 1.3 un dispositivo de accionamiento (4) para el accionamiento giratorio de la herramienta (3) en el portaherramientas (2) alrededor de un eje de herramienta (5);
 10 1.4 un dispositivo de sujeción (6) montado sobre el bastidor de máquina (1) para alojar una pieza de trabajo (7);
 1.5 un primer dispositivo de accionamiento rotativo (8) para generar un primer movimiento angular relativo entre el portaherramientas (2) y el dispositivo de sujeción (6), así como un segundo dispositivo de accionamiento rotativo (9) para generar un segundo movimiento angular relativo entre el portaherramientas (2) y el dispositivo de sujeción (6);
 15 1.6 un dispositivo de accionamiento traslativo (11) para generar un movimiento de traslación relativo entre el portaherramientas (2) y el dispositivo de sujeción (6) a lo largo de tres ejes;
 1.7 un dispositivo de mando (12) que está configurado de tal manera que permite controlar de manera sustancialmente simultánea los movimientos rectilíneos relativos entre el portaherramientas (2) y el dispositivo de sujeción (6) y los movimientos angulares relativos entre el portaherramientas (2) y el dispositivo de sujeción (6); en donde
 20 1.8 la herramienta (3) está configurada como fresa frontal o fresa circunferencial frontal, y comprende filos (14) que presentan por lo menos un contorno parcial de un dentado (13) que hay que fresar en la pieza de trabajo (7); y en donde
 1.9 el diámetro exterior de los filos (14) es mayor que la distancia entre dos flancos de diente adyacentes (15, 16) – vano entre dientes (17) –;
 25 **caracterizada por que**
 1.10 El dispositivo de mando (12) está configurado para mover la herramienta (3) a través de la región del dentado que hay que crear (13), de tal manera que la herramienta se desplaza en su conjunto a lo largo de los flancos de diente que hay que mecanizar (15, 16) a una distancia constante con respecto al fondo del vano entre dientes (20) y/o a la cabeza de diente (19) del dentado que hay que crear.

30 2. Máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la máquina herramienta presenta una pieza de trabajo (7) con un dentado espiral que hay que crear, sujeta por el dispositivo de sujeción (6); y

- 35 2.1 el diámetro exterior de los filos (14) es mayor o menor que el doble del radio de una curva longitudinal de flanco de diente de un dentado espiral que hay que crear en la pieza de trabajo (7), en donde en la dirección longitudinal de los flancos de diente de vanos entre dientes cónicos el diámetro es mayor que el doble del radio de la curva longitudinal de flanco de diente del flanco de diente cóncavo o más pequeño que el doble del radio del flanco de diente convexo.

40 3. Máquina herramienta de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** el eje de herramienta (5) se ubica de manera perpendicular o formando un ángulo, en particular con un ángulo entre 45° y 135°, en particular entre 80° y 100°, en relación a la superficie que hay que rebajar, en particular el lado del flanco de diente de la pieza de trabajo (7).

45 4. Máquina herramienta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** el ángulo del eje de herramienta (5) con respecto a un diámetro de la pieza de trabajo (3) durante el movimiento a lo largo del flanco de diente que hay que mecanizar (15, 16) varía, en particular varía permanentemente.

50 5. Máquina herramienta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** el eje de herramienta (5) se extiende en el exterior de la región del dentado (13) que hay que crear.

55 6. Máquina herramienta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** los filos (14), vistos en la dirección radial de la herramienta (3), están orientados en la dirección que se aleja de la herramienta (3).

7. Procedimiento para fabricar un dentado (13) en una máquina herramienta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, comprendiendo las siguientes etapas:

- 60 7.1 Posicionar la herramienta (3) fuera de la región (18) del dentado (13) que hay que producir;
 7.2 Accionar la herramienta (3) de manera giratoria;
 7.3 Mover la herramienta (3) con una parte de los filos (14) dispuestos en la región de la circunferencia exterior de la herramienta (3) a través de la región (18) del dentado (13) que hay que crear en la pieza de trabajo (7) mediante el control de uno o varios dispositivos de accionamiento o de dispositivos de accionamiento (4, 8, 9) a través del dispositivo de mando (12), de tal manera que se fresa por lo menos un contorno parcial de un flanco de diente (15, 16) desplazándose en general la herramienta (3) a lo largo del flanco de diente que hay que mecanizar (15, 16), con una distancia constante con respecto al fondo del vano entre dientes (20) y/o a la cabeza

de diente (19) del dentado;

7.4 Retirar la herramienta (3) fuera de la región (18) del dentado (13) que hay que producir;

7.5 Girar la pieza de trabajo (7) y/o la herramienta (3) alrededor del eje de la pieza de trabajo (10) a una posición desplazada al menos un paso de diente;

5 7.6 Repetir las etapas 7.3 a 7.5 hasta que todos los flancos de diente de la pieza de trabajo (7) hayan sido mecanizados de la misma manera y los vanos entre dientes hayan sido producidos completamente.

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** las etapas 7.2 a 7.4 primero se ejecutan para producir respectivamente un primer flanco de diente (15, 16) de cada diente del dentado (13) que hay que crear y a continuación se repiten para producir respectivamente un segundo flanco de diente (15, 16) de cada diente del dentado (13) que hay que crear, antes de ejecutar la etapa 7.5, o por que las etapas 7.2 a 7.5 primero se ejecutan para producir respectivamente un primer flanco de diente (15, 16) de cada diente del dentado (13) que hay que crear y a continuación se repiten para producir respectivamente un segundo flanco de diente (15, 16) de cada diente del dentado (13) que hay que crear.

9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado por que** el dentado (13) se somete a un fresado previo en un proceso de mecanizado en bruto, de tal manera que el dentado adopta por lo menos aproximadamente la geometría de fresado nominal acabada, y se termina de fresar en un proceso de mecanizado fino subsiguiente por medio de una herramienta de mecanizado fino, de tal manera que el dentado (13) adopta la geometría de fresado nominal acabada, ejecutándose respectivamente las etapas 7.1 a 7.6.

10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** después del proceso de mecanizado en bruto y del proceso de mecanizado fino se lleva a cabo por lo menos un proceso de mecanizado adicional, en particular un tratamiento térmico y/o un proceso de rectificado o un proceso de escurado en el dentado.

11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado por que** la profundidad y/o la anchura del vano entre dientes (17) que hay que crear se distribuye entre varios cortes, de tal manera que se realiza un mecanizado en varios niveles de profundidad (E1 - E3) y/o de anchura.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** dentro de un nivel (E1 - E3), referido a la cabeza de diente (19) y/o al fondo del vano entre dientes (20) se localizan varias trayectorias de avance de la herramienta (3) de manera yuxtapuesta, en donde en particular el número de trayectorias de avance en un nivel (E1 - E3) se reduce a medida que aumentan la profundidad y/o la anchura del vano entre dientes (17).

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** las trayectorias de avance yuxtapuestas se ubican respectivamente en niveles diferentes (E1 - E3) a diferente profundidad.

14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, **caracterizado por que** la distribución de cortes en lo referente a la profundidad y a la anchura del vano entre dientes (17) se ajusta dependiendo de uno o varios de los siguientes parámetros:

- Tamaño del módulo
- El número de dientes que afecta la forma del vano entre dientes
- La geometría de la herramienta empleada, en particular la anchura de corte, la forma del filo o el tamaño del paso de diente
- El material que hay que mecanizar
- La capacidad de rendimiento de la máquina herramienta, por ejemplo la potencia de husillo, el momento de torsión de husillo o la rigidez de la construcción de la máquina
- La geometría de diente, en particular la altura del diente, la anchura del diente y/o el ángulo de los flancos.

15. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, **caracterizado por que** para diferentes niveles (E1 - E3) se usan diferentes herramientas (3), en particular, mientras más profundo esté localizado el nivel (E1 - E3) dentro del vano entre dientes (17), menor es la anchura de corte de la herramienta usada, mientras que en la región superior del vano entre dientes (17) se usan herramientas con una anchura de corte mayor.

16. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 15, **caracterizado por que** en el mecanizado de flancos de diente (15, 16) curvados en la dirección longitudinal, una parte de la trayectoria de avance no se extiende en toda la longitud del vano entre dientes (17).

17. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 16, **caracterizado por que** la inclinación o el ángulo del eje de herramienta (5) en relación a la curva longitudinal del flanco de diente se mantienen constantes.

18. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 17, **caracterizado por que** se usa una herramienta (3) con filos (14) que por lo menos por secciones son rectilíneos o aproximadamente rectilíneos, y las secciones rectilíneas de los filos (14) se aplican con un ángulo α predeterminado, que en particular es mayor de 0° y menor de o igual a 5° , con respecto a los flancos de diente (15, 16) durante la fabricación de los flancos de diente

(15, 16), en donde el ángulo α en particular se varía en la fabricación de cada flanco de diente (15, 16), y en donde en particular a continuación, en la etapa de mecanizado subsiguiente para producir el flanco de diente (15, 16), se ajusta un ángulo α de 0° .

5 19. Uso de una herramienta en una máquina herramienta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 o en un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 18;

19.1 con una pluralidad de filos (14), cuyo círculo de giro durante la rotación de la herramienta (3) representa una superficie de disco, una superficie cilíndrica o cónica y/o una superficie tórica, **caracterizado por que**

10 19.2 todos los filos (14), que están dispuestos para el mecanizado de un mismo flanco de diente (15, 16) de un dentado que hay que crear (13), en donde por cada flanco de diente (15, 16) se provee una pluralidad de tales filos (14), están posicionados en un círculo de giro común.

15 20. Uso de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado por que** todos los filos (14) están posicionados en un círculo de giro común, o que se proveen exclusivamente en dos o tres grupos con una pluralidad de filos (14) cada uno, en donde todos los filos (14) de un grupo están posicionados en el mismo círculo de giro; y/o

20.1 los filos (14) son formados por una pluralidad de cuerpos cortantes (22), que en particular están montados de manera desprendible o en contacto de material en un cuerpo de base (23); y/o

20 20.2 los cuerpos cortantes (22) están realizados como placas con una forma circunferencial circular, de segmento de círculo, de elipse o de segmento de elipse.

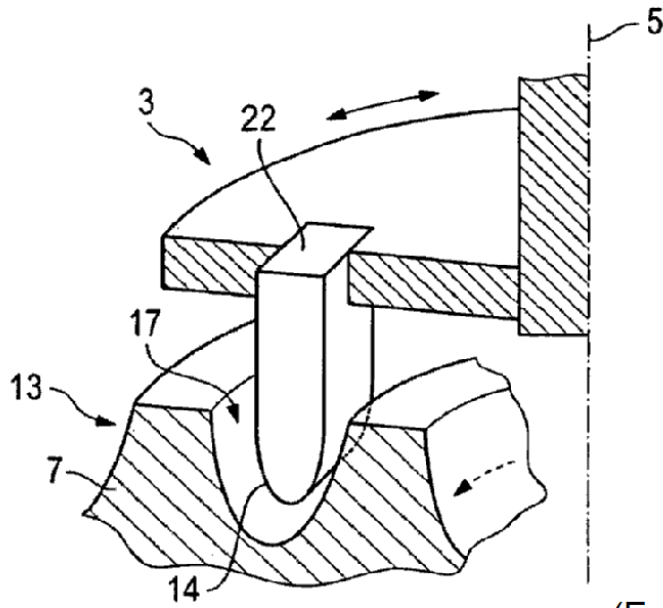


Fig. 1
(Estado de la técnica)

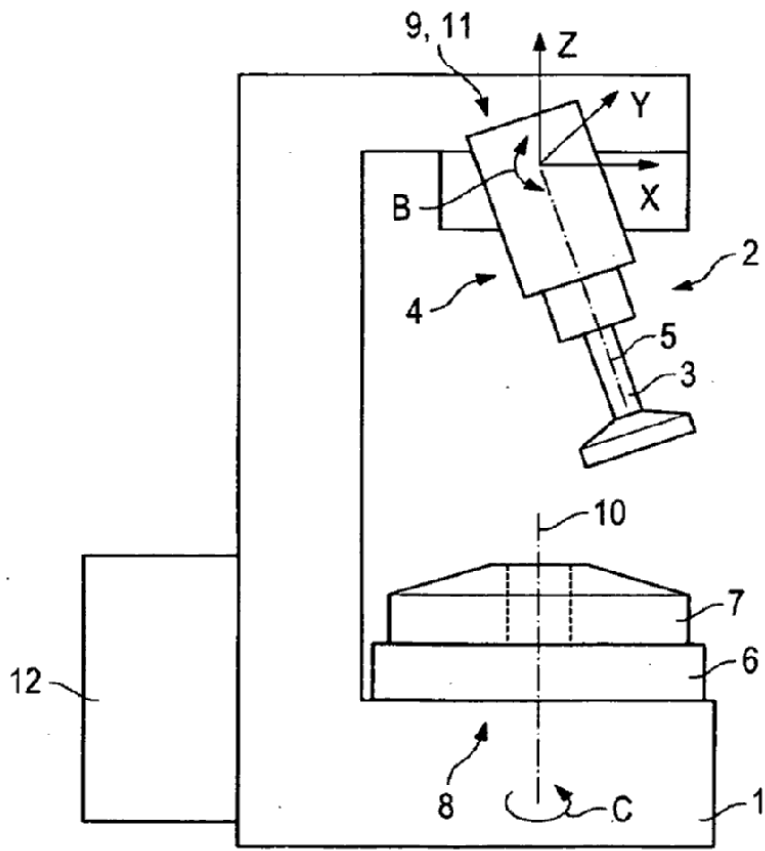
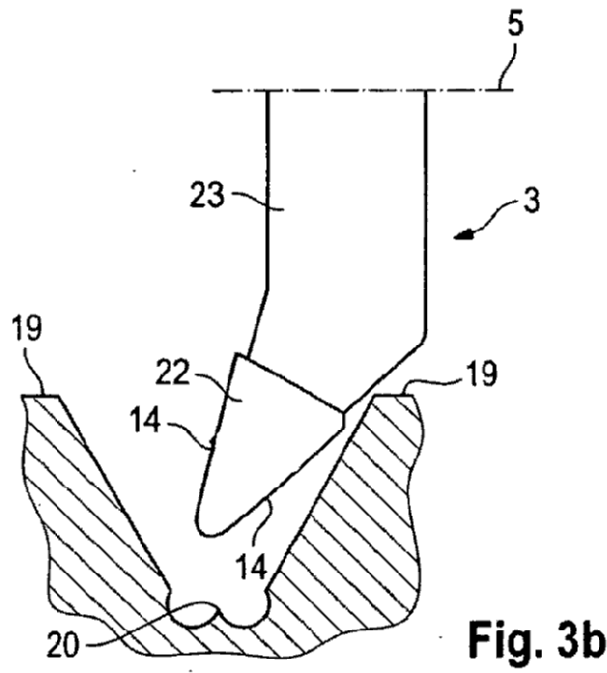
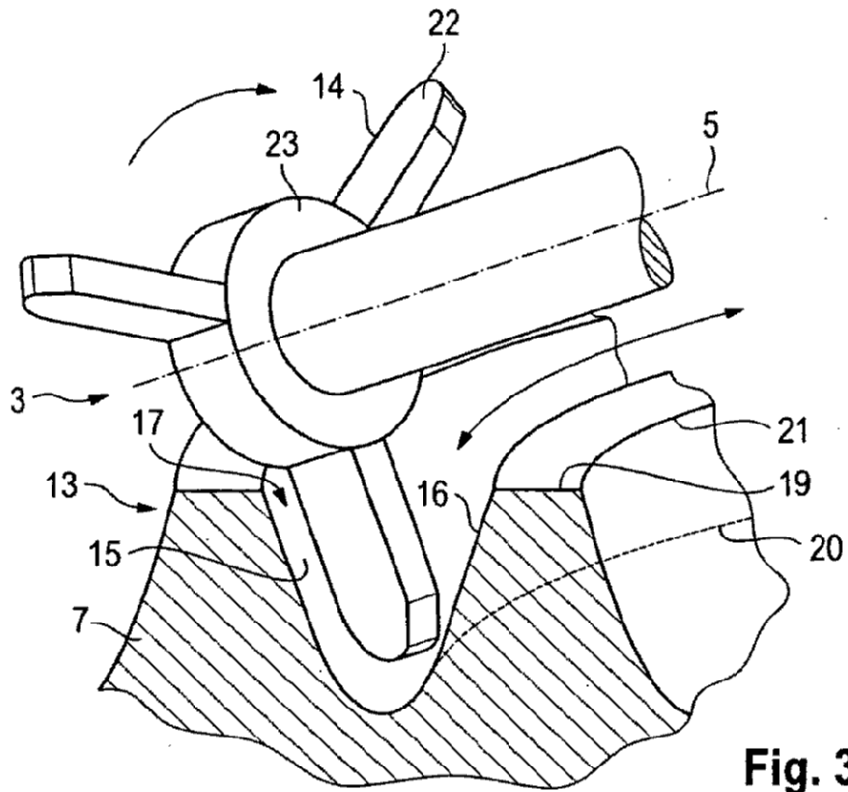


Fig. 2



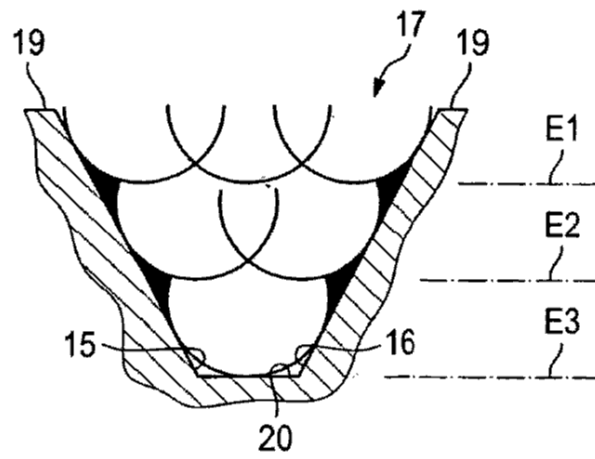


Fig. 4

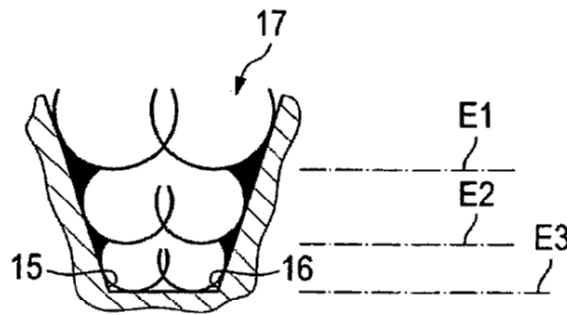


Fig. 5

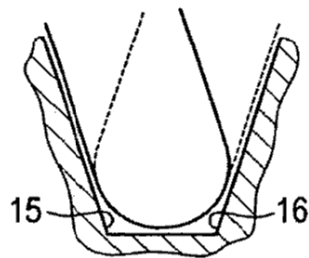


Fig. 6

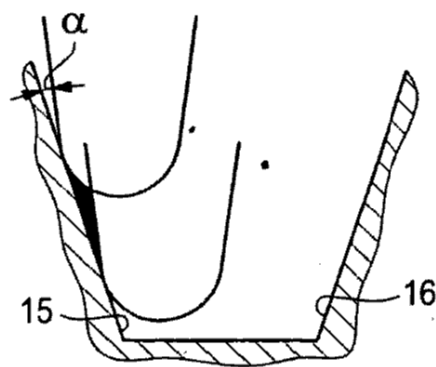


Fig. 7

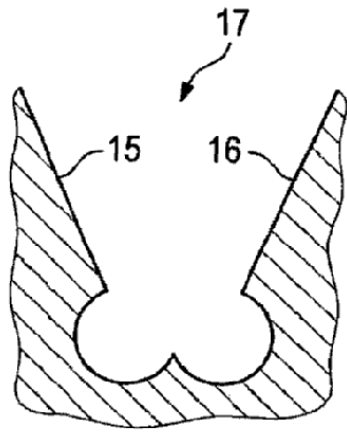
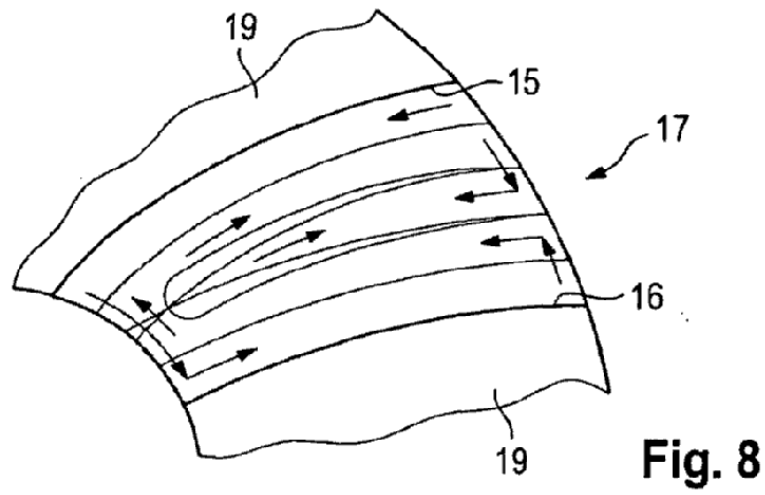


Fig. 9

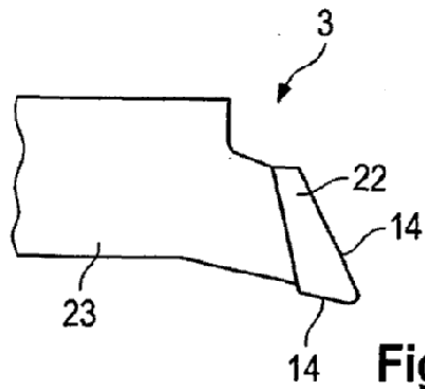


Fig. 10

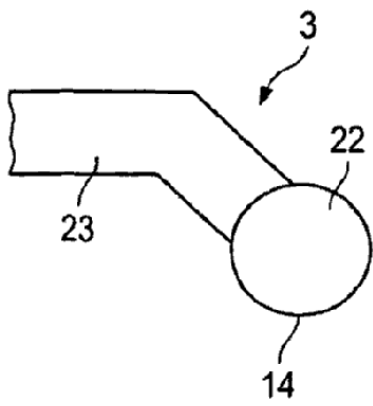


Fig. 11

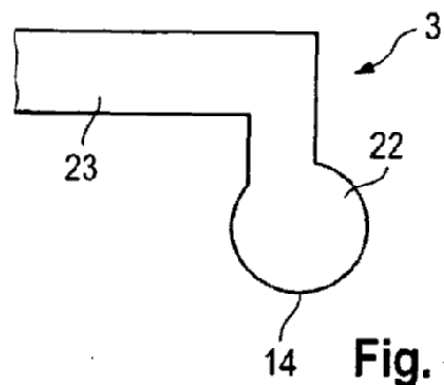


Fig. 12

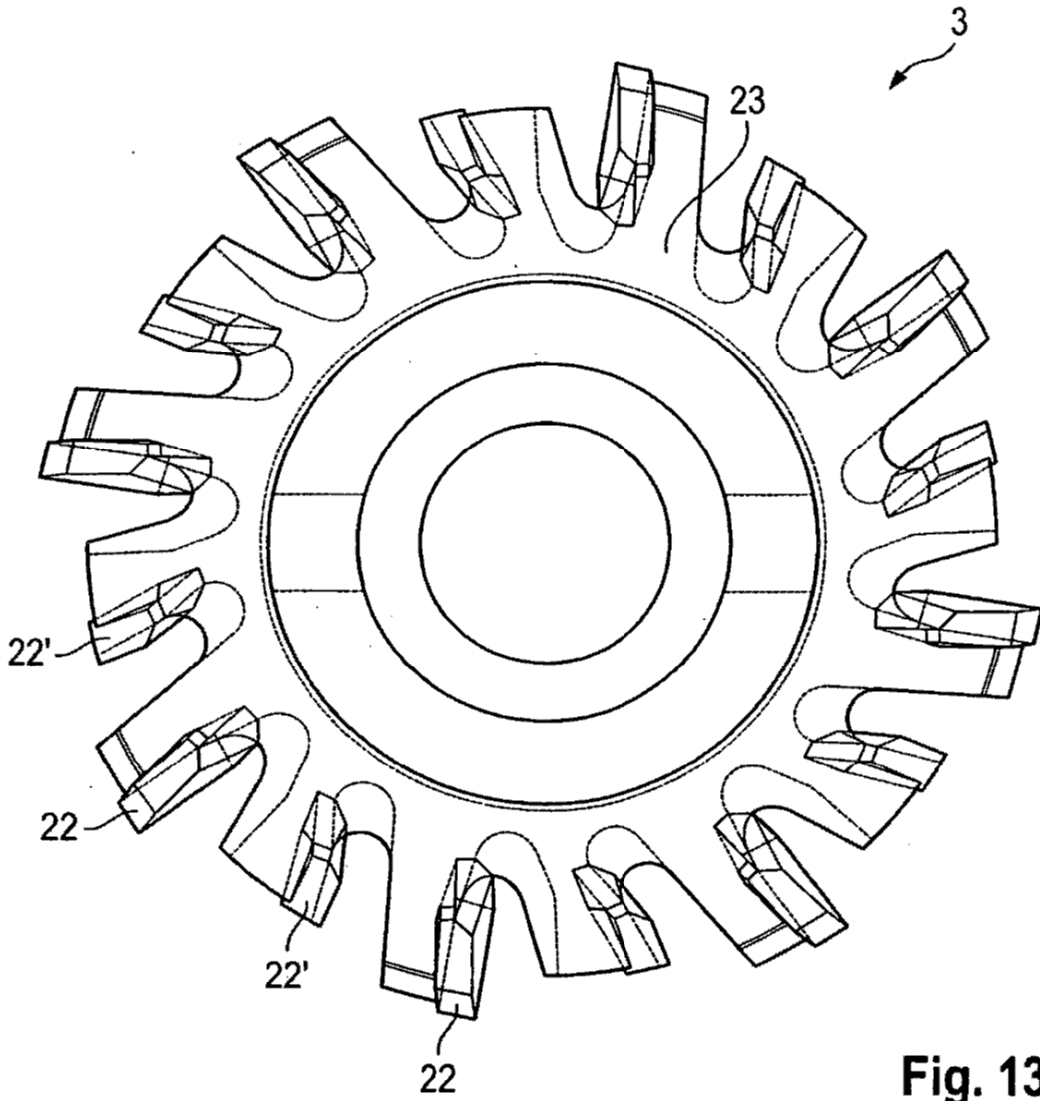


Fig. 13