

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 739**

51 Int. Cl.:

B23F 5/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2014** **PCT/EP2014/066730**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015** **WO15036172**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2014** **E 14752800 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.09.2021** **EP 3043945**

54 Título: **Procedimiento de biselado por rotación y dispositivo correspondiente**

30 Prioridad:

11.09.2013 DE 102013109981

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

23.03.2022

73 Titular/es:

PROFILATOR GMBH & CO. KG (100.0%)
Zum Alten Rangierbahnhof 18
42329 Wuppertal, DE

72 Inventor/es:

PROCK, ERICH y
SOBCZYK, MARCEL

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 901 739 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

Procedimiento de biselado por rotación y dispositivo correspondiente

5 La invención se refiere a un procedimiento para el tallado de dentados de ruedas de trabajo mediante el biselado por rotación según el preámbulo de la reivindicación 1, como el que se conoce, por ejemplo, por el documento DE 10 2012 012617 A1.

La invención se refiere además a un dispositivo para la puesta en práctica del procedimiento.

10 En el documento DE 10 2008 037 514 A1 se describe un procedimiento o un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento. El dispositivo conocido posee accionamientos de husillo y de posicionamiento que son accionados por un sistema de control electrónico. En el mismo no sólo están formados por motores eléctricos los accionamientos de posicionamiento, sino también los accionamientos de husillo. En el tallado de dentados en piezas de trabajo mediante biselado por rotación una herramienta en forma de disco de tallado se acciona continuamente haciéndola girar. La pieza, en cuyo caso se puede tratar de una pieza en bruto sin dentar o previamente dentada, es accionada por un husillo portapiezas con una relación de velocidad predeterminada, de manera que los dientes de tallado de la herramienta entren en contacto con el dentado a crear en un engranaje rotatorio. Los dientes de tallado engranan en la pieza de trabajo rozando como consecuencia del ángulo de cruce de ejes. El avance se produce fundamentalmente en dirección axial de la pieza de trabajo. En el caso de un dentado helicoidal, se superpone a esta dirección de avance otra dirección de avance en dirección perimetral, lo que significa que la posición de fase del husillo de la pieza y del husillo de la herramienta cambia continuamente, de modo que se produzca, por ejemplo, un dentado oblicuo al eje.

15 En el proceso biselado por rotación conocido, el engranaje se produce en varios pasos sucesivos de biselado por rotación, en los que la velocidad de avance sigue siendo esencialmente la misma, pero entre los distintos pasos de mecanizado se modifica la distancia entre los centros por medio de un avance, de manera que los espacios entre los dientes que se van a producir se profundicen gradualmente. En el procedimiento genérico engranan temporalmente en un corte tanto la sección del diente de corte que fresa el fondo del espacio del diente, como las dos secciones que cortan los flancos de diente del espacio entre los dientes. Esto da lugar a un aumento o a una disminución de la longitud efectiva del filo de corte, es decir, de la longitud de las secciones del filo de corte que intervienen simultáneamente en un corte. Durante el movimiento de rotación del diente de corte a través del hueco del diente, la longitud efectiva del filo de corte aumenta o disminuye de forma relativamente brusca. En caso de profundidades de engranaje elevadas, es decir, en el tallado de módulos de dientes grandes o de dentados de malla se producen vibraciones y, en consecuencia, se reducen la calidad del mecanizado y la vida útil de la herramienta.

20

25

30

El documento EP 2 570 217 A1 describe un procedimiento de biselado por rotación y un dispositivo correspondiente. Para producir un dentado, la rueda de trabajo y la rueda de tallado giran con un ángulo de cruce de sus ejes de rotación en una relación de velocidad predeterminada. En varios pasos sucesivos, la profundidad de engranaje de los dientes de corte en los espacios entre dos flancos de dientes opuestos de la rueda de trabajo se incrementa de forma gradual o continua. Después, una vez alcanzada la máxima profundidad de engranaje de los dientes de corte, los flancos de los dientes se mecanizan en sucesión cronológica modificando el ángulo de giro entre la rueda de tallado y la rueda de trabajo, es decir, su posición de fase.

35

El documento DE 3915 976 A1 describe igualmente un procedimiento de biselado por rotación y un dispositivo correspondiente. También en este caso se produce, en primer lugar, un dentado en bruto con una relación de velocidad predeterminada entre la rotación de la rueda de trabajo y la rueda de tallado con la misma posición de fase. Una vez alcanzada la máxima profundidad de engranaje de los dientes de corte, se repasan los dos flancos de los dientes, para lo cual se modifica el ángulo de giro entre las rotaciones de la rueda de corte y la rueda de trabajo para producir, por ejemplo, un abombamiento de los flancos de los dientes.

40

La invención se plantea el objetivo de perfeccionar el procedimiento genérico y el dispositivo genérico para lograr un mejor resultado de fabricación.

45

La tarea se resuelve con la invención indicada en las reivindicaciones.

En un mecanizado paso a paso, en el que después de cada paso de mecanizado no sólo se modifica la distancia entre ejes, es decir, en el que la misma se aumenta cuando se mecanizan engranajes con dentado interior y se reduce cuando se mecanizan engranajes con dentado exterior, sino que al mismo tiempo también se modifica paso a paso un ángulo de giro en cada paso de mecanizado. Por ángulo de giro se entiende aquí la posición angular de un punto fijo en el filo de corte del diente de corte con respecto a un punto fijo en la superficie perimetral de la pieza de trabajo. Mientras que en el procedimiento según el estado de la técnica antes mencionado el hueco entre los dientes se profundiza en cada paso en cada posición axial en dirección de la distancia axial y los dos flancos del hueco se ensanchan simétricamente debido a las secciones laterales oblicuas del filo de corte, el hueco entre los dientes no se profundiza en este procedimiento exactamente en dirección de la distancia axial. Además, el ensanchamiento del hueco entre los dientes tampoco es simétrico en los distintos pasos sucesivos. En el caso de un diente de corte cuyo filo de corte presenta un contorno de filo de corte correspondiente al contorno acabado del espacio entre los dientes, el ángulo de giro puede ser cero en el último paso de mecanizado, el paso de acabado. Un proceso de mecanizado como éste comienza preferiblemente con un gran ángulo de giro, en el transcurso de la profundización se reduce

50

55

gradualmente, siendo el valor absoluto del ángulo de giro en el primer paso de mecanizado preferiblemente el máximo y reduciéndose el valor gradualmente en el transcurso de los demás pasos de mecanizado, hasta que en el último paso llegue a ser igual a cero o prácticamente igual a cero. Si el contorno del filo de corte es diferente, es decir, más pequeño que el contorno acabado del espacio entre los dientes, el mecanizado se lleva a cabo con un cambio escalonado del ángulo de giro empezando también con un ángulo de giro máximo. En el transcurso del mecanizado posterior, el ángulo de giro se reduce gradualmente hasta alcanzar su valor mínimo en el último paso. En este tipo de mecanizado, el proceso de dentado finaliza con dos pasos de acabado, que se realizan con un ángulo de giro mínimo positivo y un ángulo de giro mínimo negativo.

Una influencia evidente de la longitud efectiva del filo de corte se consigue cambiando entre los pasos de mecanizado la distancia axial del husillo portapiezas y del husillo de la pieza y un ángulo de giro de un punto fijo, por ejemplo, el centro del espacio intermedio entre un primer y un segundo flanco de diente, con respecto a un punto fijo del diente de corte, por ejemplo, su centro, de manera que una primera sección del filo de corte del diente de corte actúe frente a otras secciones de filo de corte de este diente de corte con un arranque de virutas al menos reducido en relación con otras secciones del filo de corte de este diente de corte sobre una sección de flanco de diente producida en un paso de mecanizado anterior del primer flanco de diente. Este arranque de virutas también puede ser nulo. Después de un grupo de pasos de mecanizado, preferiblemente después de cada paso de mecanizado, el ángulo de giro se cambia de modo que una segunda sección de filo de corte, que es diferente de la primera sección de filo de corte, actúe en una sección de flanco de diente del segundo flanco de diente frente a otras secciones de filo de este diente de corte con un arranque de virutas al menos reducido. También en este caso, este arranque de virutas puede ser nulo o casi nulo. Por lo tanto, una variante preferida del procedimiento prevé que, después de uno o varios pasos de mecanizado, el signo del ángulo de giro se cambie. Si el signo (más/menos) se cambia después de cada paso, es posible un mecanizado simétrico de los flancos del espacio intermedio, pero no con cada paso individual, sino respectivamente en un paso doble. La longitud efectiva del filo de corte cambia con el procedimiento perfeccionado según la invención durante el movimiento de rodadura del diente de corte a través del hueco entre los dientes después cambia (en términos de tiempo) mucho menos que en el caso del estado de la técnica. Las observaciones y especialmente los cálculos han demostrado que, con el procedimiento según el estado de la técnica, el cambio temporal de la longitud del filo de corte efectivo aumenta fuertemente con el aumento de la profundidad de corte y también vuelve a disminuir fuertemente. El cambio de la longitud efectiva del filo de corte es considerado como la causa de las vibraciones observadas. El movimiento de impacto que se produce conforme al estado de la técnica se reduce drásticamente con el procedimiento según la invención. La variante preferida del procedimiento prevé que, durante la aproximación en dirección de rotación, el valor absoluto del ángulo de giro ciertamente se aumente o disminuya paso a paso, pero que el signo del ángulo de giro cambie convenientemente después de un grupo de pasos de mecanizado, especialmente después de cada paso de mecanizado. Con este control del procedimiento primero se mecaniza en primer lugar un flanco de diente izquierdo para algunos pasos de mecanizado y después un flanco de diente derecho para otro grupo de pasos de mecanizado. En una forma de realización preferida del procedimiento, el signo del ángulo de giro cambia después de cada paso de mecanizado. A continuación, se produce una aproximación pendular en dirección perimetral de la pieza de trabajo, de manera que el flanco de diente a mecanizar cambie en cada paso de mecanizado. Una profundización del espacio intermedio, es decir, una aproximación en dirección de la distancia entre ejes se puede producir en cada paso de mecanizado. Sin embargo, en el caso de la aproximación pendular esto no es forzosamente necesario. El mecanizado del flanco izquierdo y del flanco derecho puede realizarse inmediatamente uno tras otro sin cambiar la distancia entre ejes. El mecanizado comienza preferiblemente con un ángulo de giro relativamente grande, con el que en el primer paso de mecanizado se descubre mediante el corte una sección del lado de la cabeza en el flanco a tallar. En el siguiente paso de mecanizado, se mecaniza una sección del lado de la cabeza del flanco del diente opuesto. Esto se puede hacer con una aproximación radial o sin aproximación radial. Otra variante posible prevé en primer lugar unos cortes de desbaste rectos, en los que la aproximación únicamente se produce en dirección radial. Sólo después se produce la aproximación pendular. En ambos pasos de mecanizado también se profundiza el espacio intermedio entre los dientes como consecuencia de la aproximación radial. Esto da lugar a que, en el caso de la aproximación alternativa, sólo se mecaniza uno de los dos flancos de diente. Los primer y el segundo flanco de diente se mecanizan preferiblemente de forma alterna. El arranque de virutas a lo largo de este flanco de diente sólo se produce en la longitud que corresponde al recorrido de aproximación en dirección de la distancia entre ejes. En el mecanizado pendular, los dos flancos laterales del diente de corte actúan sobre la pieza de trabajo con una longitud efectiva del filo de corte acortada en comparación con el estado de la técnica. Con el procedimiento según la invención, el espacio intermedio entre los dientes se profundiza preferiblemente sólo de forma gradual, ensanchándolo paso a paso únicamente de forma insignificante, ya que el valor absoluto del ángulo de giro se reduce a cero o casi a cero hacia números mayores de escalones. En el caso del último paso del mecanizado se trata de un paso de acabado. Éste se puede realizar con un ángulo de giro cero, de modo que los dos flancos del diente se mecanicen al mismo tiempo. Sin embargo, también es posible terminar el mecanizado con dos pasos de acabado, que se realizan con un ángulo de giro relativo mínimo. Durante este mecanizado, se le puede proporcionar, además, a modo de corrección, un contorno de precisión al respectivo flanco de diente, por ejemplo, cambiando ligeramente de forma continua la distancia entre ejes durante el paso de acabado, de modo que a un flanco de diente ligeramente cónico o abombado o a una combinación de ambos se oponga, por ejemplo, un flanco de diente recto. Un mecanizado de estas características se realiza para prevenir una deformación durante el tratamiento térmico o para mejorar las propiedades que generan el diagrama de contactos para la posterior función del dentado. Este paso de acabado se puede realizar con un avance muy reducido o también con una aproximación reducida, de manera que se reduzca el volumen de arranque de virutas por tiempo. Mientras que en los pasos de desbaste que preceden al

paso de acabado se trabaja con una longitud efectiva de corte corta, se puede trabajar en el paso de acabado con una longitud efectiva de corte larga. En los pasos de desbaste, el flanco de diente se puede mecanizar paso a paso fundamentalmente sólo en la zona del fondo actual del hueco entre los dientes. En el paso de acabado, el flanco de diente se mecaniza/corriga preferiblemente por completo.

Se considera ventajoso que, con el procedimiento modificado, el número de pasos de mecanizado sucesivos se pueda aumentar considerablemente en comparación con el estado de la técnica sin que se produzcan vibraciones molestas. Al contrario que en el estado de la técnica, no se tienen que adoptar medidas de refuerzo del bastidor de la máquina para controlar las vibraciones. Gracias al mayor número de cortes es posible aumentar la velocidad de corte. En conjunto, la longitud efectiva del filo de corte se reduce durante todo el proceso de mecanizado. Al pasar el diente de corte por el espacio intermedio, la longitud efectiva del filo de corte cambia mucho menos que en el estado de la técnica. Esto conduce a una prolongación de la vida útil de la herramienta y a una mejora de la calidad del dentado producido. Se pueden fabricar dentados con un gran módulo de dientes. Se pueden producir cortes más profundos y espacios más amplios entre los dientes.

En una forma de realización perfeccionada del procedimiento se prevé que al menos después de un paso de mecanizado, en el que se profundiza el hueco entre los dientes, se lleva a cabo un paso de mecanizado en el que sólo se mecaniza al menos un flanco de diente, pero no la base del diente. Esto se puede hacer reduciendo en primer lugar la distancia entre ejes en al menos un paso de mecanizado durante la producción de un dentado exterior, de modo que se produzca una profundización del hueco entre los dientes, y aumentando después de nuevo ligeramente la distancia entre los ejes en al menos un paso de mecanizado posterior, de modo que los dientes de corte no engranen en el fondo del hueco entre los dientes, sino que, como consecuencia de un cambio del ángulo de giro, sólo mecanicen uno de los dos flancos de diente. Esta variante se prevé especialmente en un paso de acabado. La base del diente se establece con el último paso de desbaste. En el siguiente paso de acabado se mecaniza únicamente el flanco de diente, pero no la base. Se prevén especialmente dos pasos de acabado sucesivos, en los que primero se mecaniza un flanco de diente y luego el otro flanco opuesto del hueco entre dientes. Como consecuencia del aumento de la distancia entre ejes en los dos pasos de acabado, se mantiene la posición de la base del diente. En el caso de un dentado interior, la distancia entre ejes se incrementa en primer lugar paso a paso durante los pasos de desbaste. En los pasos de acabado, la distancia entre los ejes se reduce al principio ligeramente.

En otra variante se propone que el ángulo de giro se cambie de un paso de mecanizado a otro de manera que los flancos de los dientes formen una superficie evolvente. Como consecuencia de la posición de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo se forma en cada paso de mecanizado una superficie parcial cicloidal, si el ángulo de giro se mantiene fijo. Mediante un cambio adecuado del ángulo de giro después de cada paso de mecanizado, la suma de las superficies parciales cicloidales forma una superficie evolvente. En esta variante del procedimiento, el mecanizado del flanco de diente no termina con un paso de acabado. En cada paso de mecanizado, el flanco de diente ya acabado se complementa simplemente con una sección de flanco de diente de modo que la suma de las secciones de flanco de diente se encuentre en una superficie evolvente o en un contorno definido especialmente de otra forma.

En una forma de realización perfeccionada de la invención se prevé que al menos uno de los pasos de mecanizado se lleve a cabo con un llamado corte efectuado por presión progresiva. En este caso, la dirección de arranque de virutas es opuesta a la dirección de avance. Esto requiere mayores ángulos libres en los dientes de corte, de modo que los dientes de corte puedan entrar en el hueco entre los dientes sin colisionar. Este mecanizado se realiza preferiblemente en un paso de acabado.

La invención se refiere además a un dispositivo para la realización del procedimiento, tal como se define en la reivindicación 9.

Por lo tanto, la esencia del procedimiento consiste en que los flancos de los dientes de hecho se mecanizan en sucesión cronológica, como se conoce por el estado de la técnica, tratándose sin embargo fundamentalmente sólo uno de los dos flancos de los dientes de forma alternativa, a la vez que se aumenta gradualmente la profundidad de engranaje. El cambio entre el mecanizado de los dos flancos de diente opuestos se produce, por consiguiente, respectivamente después de un ligero aumento de la profundidad de engranaje a causa de un desplazamiento relativo de los dientes de corte dentro de los espacios intermedios entre los dientes de la rueda de trabajo. Se produce, por lo tanto, un cambio pendular de los flancos de diente mecanizados respectivamente con una sección de filo de corte larga de los dientes de corte, mientras que el otro flanco de diente se mecaniza respectivamente sólo con una sección de filo de corte corta, correspondiendo la longitud de la sección de filo de corte corta esencialmente a la medida de la profundidad de engranaje aumentada y siendo la sección de filo de corte larga mayor que la medida de la profundidad de engranaje aumentada con respecto al paso de mecanizado anterior, con lo que, en conjunto, la longitud del filo de corte efectiva se reduce en comparación con el estado de la técnica. Con preferencia, se produce después de cada aumento paso a paso de la profundidad de engranaje un cambio del flanco de diente mecanizado. Esto da lugar a que con cada cambio de flanco de diente mecanizado también aumenta la profundidad de engranaje. En una forma de realización perfeccionada preferida de la invención se prevé que en el último cambio del flanco de diente mecanizado no se realice ningún aumento de la profundidad de engranaje, puesto que los dos últimos pasos de mecanizado son pasos de acabado.

La invención se explica a continuación a la vista de los dibujos adjuntos. Se muestra en la:

Figura 1 una representación según la figura 2 del documento DE 10 2008 037 514 A1 para ilustrar la posición relativa de la rueda de tallado con respecto a la rueda de trabajo y a los elementos constructivos;

Figura 2 un corte a través de la pieza de trabajo para ilustrar los pasos de mecanizado;

- 5 Figura 3 fuertemente ampliado, el espacio intermedio entre los dientes de un dentado de una rueda de trabajo y la posición relativa del filo de corte de un diente de corte en varios pasos sucesivos de mecanizado para ilustrar el cambio paso a paso del ángulo de giro, mecanizándose con el diente de corte respectivamente el flanco derecho del diente durante la profundización del hueco entre los dientes;

- 10 Figura 4 una representación según la figura 3, mecanizándose con el filo de corte, en cortes sucesivos, respectivamente el flanco de diente izquierdo en el transcurso de una profundización paso a paso del espacio intermedio entre los dientes;

Figura 5 una representación según la figura 3, pero para ilustrar un procedimiento en el que con el filo de un diente de corte se mecanizan alternativamente el flanco de diente derecho y el flanco de diente izquierdo;

Figura 6 una representación de los elementos esenciales de un dispositivo según la invención;

- 15 Figura 7 una representación similar a la de la figura 5, en la que, en el caso de una aproximación pendular mediante el cambio del ángulo de giro, se produce en el último paso de desbaste S16 la base del diente 8, mecanizándose en los siguientes pasos de acabado S17, S18, exclusivamente los flancos de diente 9, 9', y

Figura 8 una representación similar a la de la figura 5, cambiándose el ángulo de giro de manera que se produzca un flanco de diente 9, 9' situado en una superficie de evolvente o en otro contorno definido especialmente de otra forma.

- 20 Con el dispositivo descrito a continuación, se talla por medio de un procedimiento de biselado por rotación un dentado interior o un dentado exterior en una pieza en bruto. Esto se hace con una rueda de tallado 1, ya sea en una superficie interior o exterior lisa de la pieza bruta o en los flancos de los dientes de una pieza bruta ya dentada previamente. El procedimiento consiste en múltiples pasos de desbaste que se realizan sucesivamente, en los que se realiza respectivamente un corte de desbaste. A los múltiples pasos de desbaste puede seguir al menos un paso de acabado, en el que se realiza un corte de acabado. Un corte de acabado se diferencia de un corte de desbaste principalmente por la menor aproximación, es decir, por un menor arranque de virutas, pero también por una modificación de la velocidad de avance.

El dispositivo mostrado en la figura 6 posee un bastidor de máquina no representado, que soporta un husillo portaherramientas 11 provisto de un mandril, en el que se fija una rueda de tallado 1 que presenta dientes de corte 3.

- 30 El husillo portaherramientas 11 puede ser accionado de forma rotatoria por un accionamiento de motor eléctrico 12. El accionamiento 12 se controla por medio de un sistema de control 15 que funciona de acuerdo con un programa de mecanizado. La rueda de tallado 1 se acciona de forma rotatoria alrededor del eje de la herramienta 2.

En el bastidor de la máquina se encuentra un husillo portapiezas 13. Este husillo se puede desplazar por medio de un accionamiento de posicionamiento 16 en los dos ejes X y Z situados en el plano del papel y en el eje Y que situado perpendicularmente respecto al plano del papel. Con el accionamiento de posicionamiento 16, el husillo portapiezas 13, accionado de forma rotatoria por un motor de accionamiento 14, se puede desplazar en todas las direcciones en el espacio. Este desplazamiento sirve para la aproximación y para el avance. Un mandril del husillo portapiezas 13 sostiene la pieza de trabajo 6 en la que se pretende tallar un dentado 7. En el ejemplo de realización representado en la figura 6 se mecaniza en la rueda de trabajo 6 un dentado exterior 6. Durante este proceso, la pieza de trabajo 6 es accionada de forma rotatoria alrededor del eje de giro de la pieza de trabajo 10 en sincronismo con la rueda de tallado 1. El eje de giro de la pieza de trabajo 10 y el eje de giro de la herramienta 2 se encuentran en un ángulo de cruce de ejes predeterminado a entre sí, de modo que el filo de corte 5 de los dientes de corte 3 engranén en la rueda de trabajo 6 tallándola. Mediante un avance en dirección del eje de giro de la pieza de trabajo 10, la rueda de trabajo 6 se puede dentar en toda su longitud. Si el avance se produce exclusivamente en dirección axial, se obtiene un dentado recto. Si en el avance en dirección axial se superpone un avance en dirección perimetral en forma de un cambio continuo de la posición de fase, se produce un dentado helicoidal.

- 50 Sin embargo, en una disposición alternativa del husillo portapiezas y del husillo portaherramientas de una máquina herramienta es posible que, a efectos de avance, se pueda desplazar el husillo portaherramientas en todas las direcciones. No obstante, en principio basta con que el husillo portapiezas y el husillo portaherramientas se puedan mover el uno respecto al otro a lo largo de los ejes necesarios, por ejemplo, la pieza de trabajo en las direcciones X y Z y la herramienta en dirección Y.

La figura 1 muestra el ángulo de cruce de ejes a entre el eje de giro de la herramienta 2 y el eje de giro de la pieza de trabajo 10. En este caso se dota a una rueda de trabajo hueca 6 de un dentado interior 7.

- 55 En la figura 2 se puede apreciar que el dentado se produce profundizando paulatinamente los espacios entre los dientes 7. En un primer paso S1 se produce una primera profundización. La primera profundización se incrementa en un paso de mecanizado S2 mediante una modificación de la distancia entre los ejes 2, 10. En el paso S3, el espacio intermedio entre los dientes 7 se profundiza aún más mediante una nueva variación de la distancia entre los ejes 2, 10.

Las figuras 3 y 4 muestran cómo, además de la aproximación que provoca la profundización del espacio intermedio entre los dientes 7 se modifica, desde el paso de mecanizado S1 hasta el paso de mecanizado S20, respectivamente un ángulo de giro α_1 a α_{19} . El último paso de mecanizado S20 se realiza con un ángulo de giro cero y consiste en un paso de acabado que se realiza a una velocidad de avance reducida.

5 Por ángulo de giro α_1 a α_{20} se considera el ángulo de una determinada posición del filo de corte 5 del diente de corte 3 y su desplazamiento con respecto a una posición del espacio intermedio entre los dientes acabado 7 correspondiente. En el ejemplo de la realización se trata del desplazamiento del centro de la base 8 del espacio intermedio entre dientes 7 con respecto al centro de la sección de filo de corte 5' del lado de la cabeza del filo de corte 5, que mecaniza en el último paso de mecanizado S10 o S20 los dos flancos de diente 9, 9' del dentado 7.

10 En un primer paso de mecanizado S1, la profundidad de penetración del diente de corte 3 es mínima. Durante la penetración del filo de corte 5 a través de la pieza de trabajo 6, la sección del filo de corte 5', que se extiende en la cabeza del diente de corte 3, se encarga fundamentalmente de la profundización. La sección de corte 5'' mecaniza el flanco derecho del diente 9 a una ligera distancia con respecto al contorno acabado. Esta ligera distancia se elimina en el último paso de mecanizado, el paso de acabado. El flanco del diente 5''' penetra alejado del contorno acabado del flanco del diente izquierdo 9' en el material macizo. El ángulo de giro α_1 tiene en el primer paso de mecanizado S1 su mayor valor.

15 Sin cambiar el signo del ángulo de giro α , se mecaniza después el flanco del diente derecho en otros pasos de mecanizado S2 a S10, reduciendo paso a paso el ángulo de giro α_2 a α_9 . El ángulo de giro α_1 a α_9 se puede reducir gradualmente en un valor constante hasta el paso de mecanizado S10. En este caso, las secciones de corte 5'' sólo engranan en la zona adyacente a la sección del lado de la cabeza 5'.

20 La figura 4 muestra los pasos de mecanizado S11 a S20 en los que la sección del filo de corte 5''' sólo engrana en la pieza de trabajo arrancando virutas en la zona directamente adyacente a la sección de cabeza 5' del filo de corte 5. En cambio, la sección del filo de corte 5'' opuesta a la sección del filo de corte 5''' engrana en una mayor longitud en la pieza de trabajo arrancando virutas.

25 La invención se refiere especialmente a una combinación de los pasos de procedimiento S1 a S10 o S11 a 20 mostrados en las figuras 3 y 4, en la que los pasos de procedimiento no se llevan a cabo siguiendo el orden numérico, sino que, hasta el corte más profundo S10 o S20, se mecanizan tanto los flancos de diente izquierdos 9' como los flancos de diente derechos 9.

30 En una variante existe, por ejemplo, la posibilidad de realizar algunos pasos del procedimiento, en particular los primeros pasos del procedimiento, sin cambiar el ángulo de giro, es decir, con una aproximación sólo en dirección radial. También es posible que no se trabaje con un avance constante, sino con un avance progresivo o decreciente.

35 Después de un grupo de pasos de mecanizado, por ejemplo, de S1 a S4, se puede cambiar el signo del ángulo de giro, de manera que tras los pasos de mecanizado S1 a S4 se realicen directamente los pasos de mecanizado S11 a S14. Acto seguido, el signo se puede cambiar otra vez, de modo que se realicen, por ejemplo, los pasos de mecanizado S5 a S7 y a continuación, tras un nuevo cambio de signo, los pasos de mecanizado S15 a S17. Por último, se pueden realizar los pasos de procesamiento S8 y S9 y a continuación los pasos de procesamiento S18 a S19, a los que siguen los pasos de acabado S10 y S20. También en este caso el valor absoluto de los ángulos de torsión α_1 a α_9 o α_{11} a α_{19} se reduce paso a paso, preferiblemente en una medida constante. La profundidad de penetración del filo de corte 5 también se incrementa gradualmente. Respectivamente una sección de corte 5'' o 5''' trabaja a una distancia fundamentalmente constante con respecto al contorno acabado del flanco izquierdo 9' del dentado o del flanco derecho 9 del dentado. Este volumen distanciado del contorno acabado se elimina en el paso de acabado con el corte de acabado.

40 Sin embargo, en un último corte S10 o S20, que es el más profundo, los dos flancos 9, 9' también se pueden mecanizar a la vez. En este paso de acabado, el ángulo de giro α es cero. El centro de la sección de filo de corte 5' se encuentra en el centro de la base del diente 8.

45 Mediante una variación del procedimiento, en la que no se realiza un paso de acabado sino dos pasos de acabado y el ángulo de giro en el paso de acabado es mayor que cero, se realiza en un primer paso un acabado de precisión del flanco derecho 9 y en un segundo paso un acabado de precisión del flanco izquierdo 9'.

50 Los pasos de acabado también pueden ser cortes de corrección con los que se puede producir un flanco de diente abombado o cónico mediante una variación adicional de la posición de la distancia entre ejes. Esto se puede hacer individualmente en el flanco derecho 9 de manera distinta a la del flanco izquierdo 9'.

55 En principio también es posible, como se muestra en las figuras 3 y 4, mecanizar en primer lugar completamente un flanco de diente derecho 9 y a continuación un flanco de diente izquierdo 9', engranando durante el mecanizado del flanco de diente derecho 9 respectivamente sólo una sección parcial de la sección de filo de corte 5'' y durante el mecanizado del flanco de diente izquierdo 9' respectivamente una sección parcial del filo de corte 5'''.

La figura 5 muestra un procedimiento preferido en el que, en un paso de desbaste S1, la sección de filo de corte 5'' mecaniza el contorno final provisional del flanco derecho del diente 9 y en el que la sección del flanco de diente 5' penetra en la pieza de trabajo 6 profundizando esencialmente el espacio intermedio entre los dientes. Este paso S1 se produce con un ángulo de giro máximo α_1 en dirección del flanco derecho 9. En el siguiente segundo paso de

desbaste S2, el flanco de diente izquierdo 9' del contorno provisional se mecaniza con la sección de filo de corte 5''' el filo de corte 5. El ángulo de giro α_2 apunta ahora al flanco izquierdo 9', es decir, presenta un signo diferente. El valor absoluto del ángulo de giro α_2 es menor que el valor absoluto del ángulo de giro α_1 . La profundidad de engranaje del diente también es mayor en el paso de mecanizado S2 que en el paso de mecanizado S1.

- 5 En una alternativa, las profundidades de engranaje de los dientes en los pasos de mecanizado S1 y S2 son las mismas y los valores absolutos del respectivo desplazamiento angular α_1 y α_2 coinciden y sólo se diferencian en lo que se refiere a su signo.

- 10 En una sucesión de pasos de desbaste adicionales que van alternando S3 a S11, se realizan alternativamente por el lado derecho del centro del espacio intermedio 7 (S3, S5, S7, S9, S11) y por el lado izquierdo del centro del espacio intermedio 7 (S2, S4, S6, S8, S10), unos pasos de desbaste, reduciéndose respectivamente paso a paso el valor absoluto del ángulo de giro α_1 a α_{10} y aumentándose también respectivamente la profundidad de penetración del filo de corte 5 en el espacio intermedio 7. Las secciones de filo de corte 5''' mecanizan en los pasos de mecanizado S1, S3, S5, S7, S9, S11 respectivamente el flanco derecho del diente 9 y las secciones de corte 5''' mecanizan en los pasos de mecanizado S2, S4, S6, S8, S10 el flanco izquierdo del diente 9'. Con la sección de filo de corte 5' dispuesta entre las secciones de filo de corte 5'' y 5''', se profundiza paulatinamente el hueco entre los dientes 7.

También en este caso se prevé en una variante, que la aproximación en dirección de la distancia entre ejes, es decir, la profundidad de penetración del filo de corte 5 en el hueco entre los dientes 7, sólo se cambie después de uno de cada dos pasos de mecanizado S1, S2; S3, S4; S5, S6; S7, S8 y S9, S10. La aproximación a través del ángulo de giro se produce mediante un simple cambio del signo del ángulo de giro manteniendo, sin embargo, el valor absoluto.

- 20 Una vez realizados estos pasos de desbaste S1 a S10, el hueco entre los dientes adquiere su contorno acabado provisional. Con S11 se define un paso de acabado en el que se mecaniza con un corte de acabado el contorno acabado definitivo en ambos flancos 9, 9'. También en este caso es posible una corrección mediante un avance superpuesto en dirección de la distancia entre ejes.

- 25 En una variante se prevén dos pasos de acabado, realizándose uno de los pasos de acabado con un ángulo de giro mínimamente positivo y el segundo paso de acabado con un ángulo de giro mínimamente negativo.

Los pasos de desbaste se pueden realizar respectivamente con un ángulo de giro constante y una distancia entre ejes constante. Sin embargo, de un paso de desbaste a otro, cambian preferiblemente la distancia entre ejes y también el ángulo de giro. En el paso de acabado, la distancia entre ejes puede cambiar durante el corte.

- 30 En una variante del procedimiento, el fondo 8 del espacio intermedio 7 no se profundiza en todos los pasos de mecanizado. Con referencia a las figuras 3/4 o 5, en esta variante, la distancia entre ejes del husillo portaherramientas y del husillo portapiezas se cambia después de uno de los pasos de mecanizado S1 a S9, S11 a S19 o S1 a S19 de manera que el diente de corte 3 de la rueda de tallado 1 no penetre en la base del diente 8 profundizando la base del diente 8, sino que sólo se mecanicen los flancos de diente 9, 9' del espacio intermedio 7. En una variante preferida del procedimiento, este paso de mecanizado que no mecaniza la base del diente 8, es un paso de acabado S10, S20, S11, en el que se realiza un corte de acabado que sólo arranca una viruta de uno de los flancos 9, 9'. Con preferencia se realizan dos pasos de acabado que, con el respectivo paso de acabado, sólo mecanizan uno de los dos flancos 9, 9'.

- 40 El corte de acabado realizado, en uno de los pasos de acabado S10, S20, S11 antes descritos, puede ser un así llamado corte por presión progresiva, en el que la dirección de avance es opuesta a la dirección de tallado de los dientes de corte 3. En esta variante del proceso, los filos de corte 5 del diente de corte 3 penetran en la rueda de trabajo con un ángulo de entrada aumentado y salen de la rueda de trabajo con un ángulo de salida reducido.

- 45 En otra variante del procedimiento, el tallado del dentado se lleva a cabo sin cortes de acabado que determinen el contorno final de los flancos de diente 9, 9'. El o los pasos de acabado correspondientes se pueden suprimir, si en los pasos de desbaste se obtiene con los cortes de desbaste un flanco de diente 9, 9' compuesto por varias superficies parciales, que tenga una forma evolvente o una forma de perfil especialmente definida. En este caso, el flanco de diente se compone de superficies parciales adyacentes entre sí en dirección radial y que discurren de forma cicloidal. Sin embargo, las superficies parciales se encuentran en su conjunto en una superficie evolvente o en otro contorno especialmente definido.

- 50 La figura 7 muestra un procedimiento en el que se produce, en cortes de desbaste sucesivos S1 a S16, un contorno aproximado de un dentado. Los pasos S1, S3, S5, S7, S9, S11, S13 y S15 que generan el flanco izquierdo de diente 9' y los pasos S2, S4, S6, S8, S10, S12, S14 que generan el flanco derecho de diente 9 se van alternando. Con cada paso de mecanizado S1 a S16, se profundiza la base del diente actual. El ángulo de giro respecto a una posición cero del diente de corte cambia su signo en cada paso de mecanizado S1 a S16. El valor absoluto del ángulo de giro disminuye paso a paso hasta llegar a cero en un último corte de desbaste S16. Con este último corte de desbaste S16 se determina la posición final de la base del hueco entre los dientes 8.

A continuación de los cortes de desbaste S1 a S16 se realizan dos cortes de acabado S17 y S18. Los cortes de acabado S17, S18 se producen con una profundidad de penetración reducida del diente de corte en el hueco entre dientes ya creado, por lo que el filo de corte del diente de corte no engrana en la base del hueco entre los dientes ya

creado 8. En el corte de acabado S17 se mecaniza el flanco derecho del diente 9 y en el corte de acabado S18 se mecaniza el flanco izquierdo del diente 9'.

En el ejemplo de realización representado en la figura 8 no se realiza ningún corte de acabado. Con líneas discontinuas se ilustran los flancos de diente evolventes 9, 9'. La aproximación se produce de forma que la suma de las secciones de flancos de diente producidas con los cortes S1 a S16 realizados de forma pendular proporcione un flanco de diente evolvente 9, 9'. Por razones de una mayor claridad, no se muestran aquí todos los pasos intermedios. Además, y sólo a efectos de ilustración, se representa el desarrollo de la evolvente de forma exageradamente distinta al desarrollo del filo de corte. Como ya se ha descrito anteriormente, también es posible una forma de perfil especial diferente al de la evolvente.

Se prevé especialmente que, hasta alcanzar la máxima profundidad de engranaje de los dientes de corte (3) en los espacios intermedios (7), se realicen al menos 5, preferiblemente al menos 10 pasos de mecanizado, presentando los dientes de corte en cada paso de mecanizado una profundidad de engranaje diferente en los espacios intermedios, y previéndose preferiblemente un último paso de mecanizado en el que los dientes de corte tengan la misma profundidad de engranaje en los espacios intermedios que en el penúltimo paso de mecanizado.

Lista de referencias:

1	Rueda de tallado
2	Eje de giro de la herramienta
3	Diente de corte
4	Cabeza del diente
5, 5', 5", 5'''	Filo de corte / Sección de filo de corte
6	Pieza de trabajo
7	Dentado interior, espacio intermedio entre los dientes
8, 8"	Base
9	Flanco
10	Eje de giro de la pieza de trabajo
11	Husillo portaherramientas
12	Accionamiento
13	Husillo portapiezas
14	Accionamiento
15	Sistema de control
16	Accionamiento de posicionamiento
S1 - S18	Pasos de mecanizado (cortes de desbaste y de acabado)

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el tallado de dentados de ruedas de trabajo (6) mediante el biselado por rotación con una rueda de tallado (1) que presenta dientes de corte (3), con un husillo portapiezas accionado de forma rotatoria alrededor de un eje de giro de la pieza de trabajo para la recepción de la rueda de trabajo (6) y con un husillo portaherramientas accionado de forma rotatoria alrededor de un eje de giro de la herramienta (2) que sostiene la rueda de tallado (1), posicionándose el husillo portaherramientas y el husillo portapiezas entre sí en un ángulo de cruce de ejes (α) y accionándose los accionamientos del husillo portaherramientas y del husillo portapiezas de forma rotatoria en una relación de velocidad predeterminada, produciéndose el dentado en varios pasos de mecanizado sucesivos (S1 a S20), profundizándose con un avance con un componente en dirección axial (10) del husillo portapiezas, paso a paso, los espacios intermedios (7) entre los dientes a tallar, cambiándose entre los pasos de mecanizado la distancia entre ejes de los husillos portapiezas y portaherramientas y un ángulo de giro (α_1 a α_{19}) de un punto fijo, por ejemplo, el centro del espacio intermedio (7) situado entre un primer y un segundo (9, 9'), a un punto fijo en el diente de corte (3), por ejemplo, su centro, de manera que una primera sección de filo de corte (5") del diente de corte (3) actúe frente a otra sección de filo de corte (5', 5'') de este diente de corte (3) con un arranque de virutas reducido sobre una sección de flanco de diente del primer flanco de diente (9) producido en un paso de mecanizado anterior del primer flanco de diente, caracterizado por que el valor absoluto del ángulo de giro (α_1 a α_{19}) se reduce paso a paso, mientras que el signo del ángulo de giro (α_1 a α_2) cambia después de un grupo de pasos de mecanizado (S1 a S20) o después de cada paso de mecanizado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que después de un grupo de pasos de mecanizado, preferiblemente después de cada paso de mecanizado, el ángulo de giro (α_1 a α_{19}) se modifica de manera que una segunda sección de filo de corte (5'''), que es diferente de la primera sección de filo de corte (5''), actúe sobre una sección de flanco de diente del segundo flanco de diente (9') frente a otras secciones de filo de corte (5', 5'') de este diente de corte (3) con un arranque de virutas reducido.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el mecanizado termina con un único paso de acabado en el que el ángulo de giro es igual a cero.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que el mecanizado termina con dos pasos de acabado sucesivos que se realizan con un ángulo de giro mínimo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado por que durante el paso de acabado o durante al menos uno de los dos pasos de acabado o ambos pasos de acabado se varía continuamente la distancia entre ejes y/o la posición de fase.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos después de un paso de mecanizado (S1 a S16) para la profundización de los espacios intermedios (7), se realiza un paso de mecanizado (S17, S18) en el que se mecaniza únicamente al menos un flanco de diente (9, 9'), pero no la base del diente (8), siendo este paso de mecanizado (S17, S18) de no profundización del espacio intermedio especialmente un paso de acabado.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el ángulo de giro entre los sucesivos pasos de mecanizado (S1 a S20) se modifica de manera que el flanco del diente (9, 9') constituya una superficie evolvente o discorra a lo largo de un contorno especialmente definido de otra forma.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos en un paso de mecanizado (S1 a S20), en particular en un paso de acabado, la dirección de arranque de viruta es opuesta a la dirección de avance.
9. Dispositivo para el tallado de dentados de ruedas de trabajo (6) mediante el biselado por rotación con una rueda de tallado (1) que presenta dientes de corte (3), con un husillo portapiezas (13) accionado de forma rotatoria alrededor de un eje de giro de la pieza de trabajo (10) para la recepción de la rueda de trabajo (1) y con un husillo portaherramientas (11) accionado de forma rotatoria alrededor de un eje de giro de la herramienta (2) que sostiene la rueda de tallado (1), posicionándose el husillo portaherramientas (11) y el husillo portapiezas (13) entre sí en un ángulo de cruce de ejes (α) y pudiéndose accionar los accionamientos del husillo portaherramientas (11) y del husillo portapiezas (13) respectivamente de forma rotatoria por medio de accionamientos (12, 14), con un sistema de control informático (15) para el control de los accionamientos (12, 14) para el husillo portaherramientas (11) y el husillo portapiezas (13), así como para un avance con un componente en dirección axial del husillo portapiezas (13) y una aproximación en dirección de la distancia entre ejes del husillo portaherramientas (11) y del husillo portapiezas (13), programándose el sistema de control de modo que los accionamientos (12, 14) sean accionados por el husillo portaherramientas (11) y el husillo portapiezas (13) en una relación de velocidad determinada y el dentado se produzca en varios pasos de mecanizado sucesivos (S1 a S20) profundizándose con un avance con un componente en dirección axial (10) del husillo portapiezas, paso a paso, los espacios intermedios (7) entre los dientes a tallar, cambiándose entre los pasos de mecanizado la distancia entre ejes de los husillos portapiezas y portaherramientas y un ángulo de

- giro (α_1 a α_{19}) de un punto fijo, por ejemplo, el centro del espacio intermedio (7) situado entre un primer y un segundo (9, 9'), a un punto fijo en el diente de corte (3), por ejemplo, su centro, de manera que una primera sección de filo de corte (5'') del diente de corte (3) actúe frente a otra sección de filo de corte (5', 5''') de este diente de corte (3) con un arranque de virutas reducido sobre una sección de flanco de diente del primer flanco de diente (9) producido en un
- 5 paso de mecanizado anterior del primer flanco de diente, reduciéndose el valor absoluto del ángulo de giro (α_1 a α_{19}) paso a paso, mientras que el signo del ángulo de giro (α_1 a α_2) cambia después de un grupo de pasos de mecanizado (S1 a S20) o después de cada paso de mecanizado.
- 10 10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que el sistema de control está programado de manera que después de un grupo de pasos de mecanizado, preferiblemente después de cada paso de mecanizado, el ángulo de giro (α_1 a α_{19}) se modifique de modo que una segunda sección de filo de corte (5'''), que es diferente de la primera sección de filo de corte (5''), actúe sobre una sección de flanco de diente del segundo flanco de diente (9') frente a otras secciones de filo de corte (5', 5'') de este diente de corte (3) con un arranque de virutas reducido.
- 15 11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que el sistema de control (15) se programa de manera que el dispositivo trabaje de acuerdo con uno de los pasos de procedimiento indicados en las reivindicaciones 1 a 8.

Fig. 1

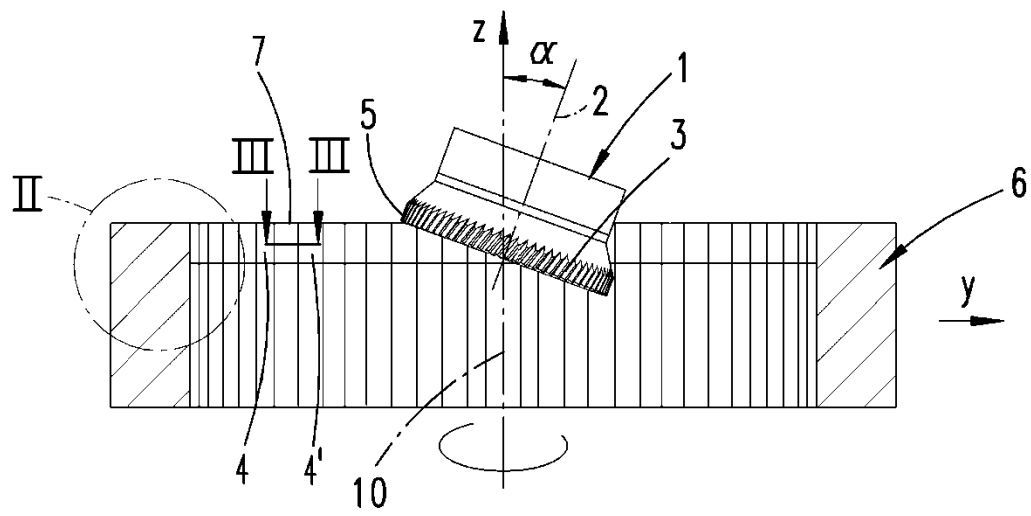
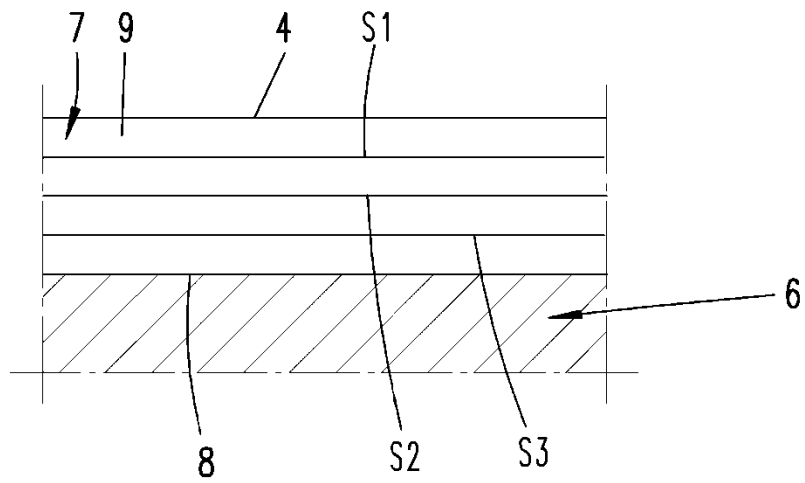


Fig. 2



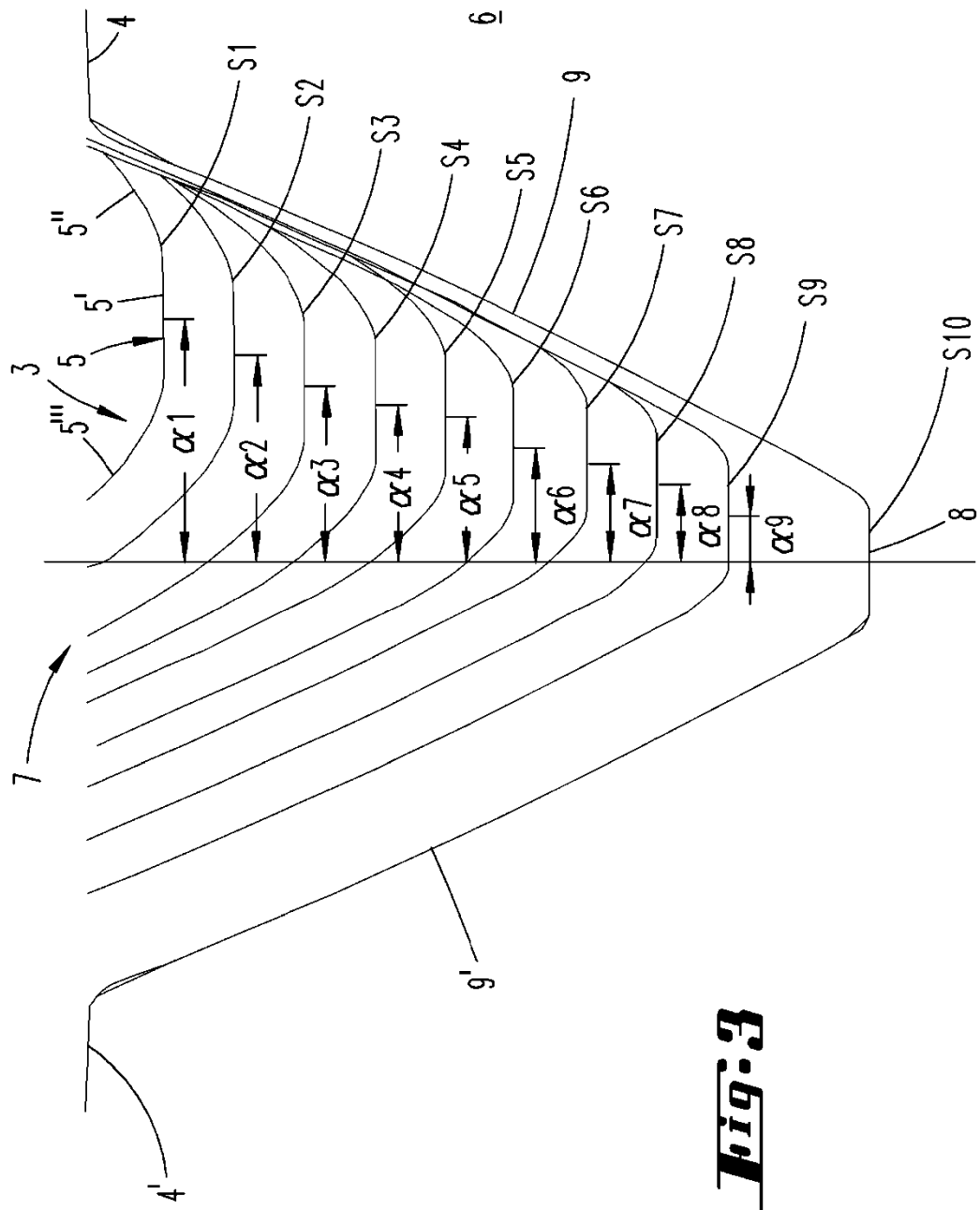


Fig. 3

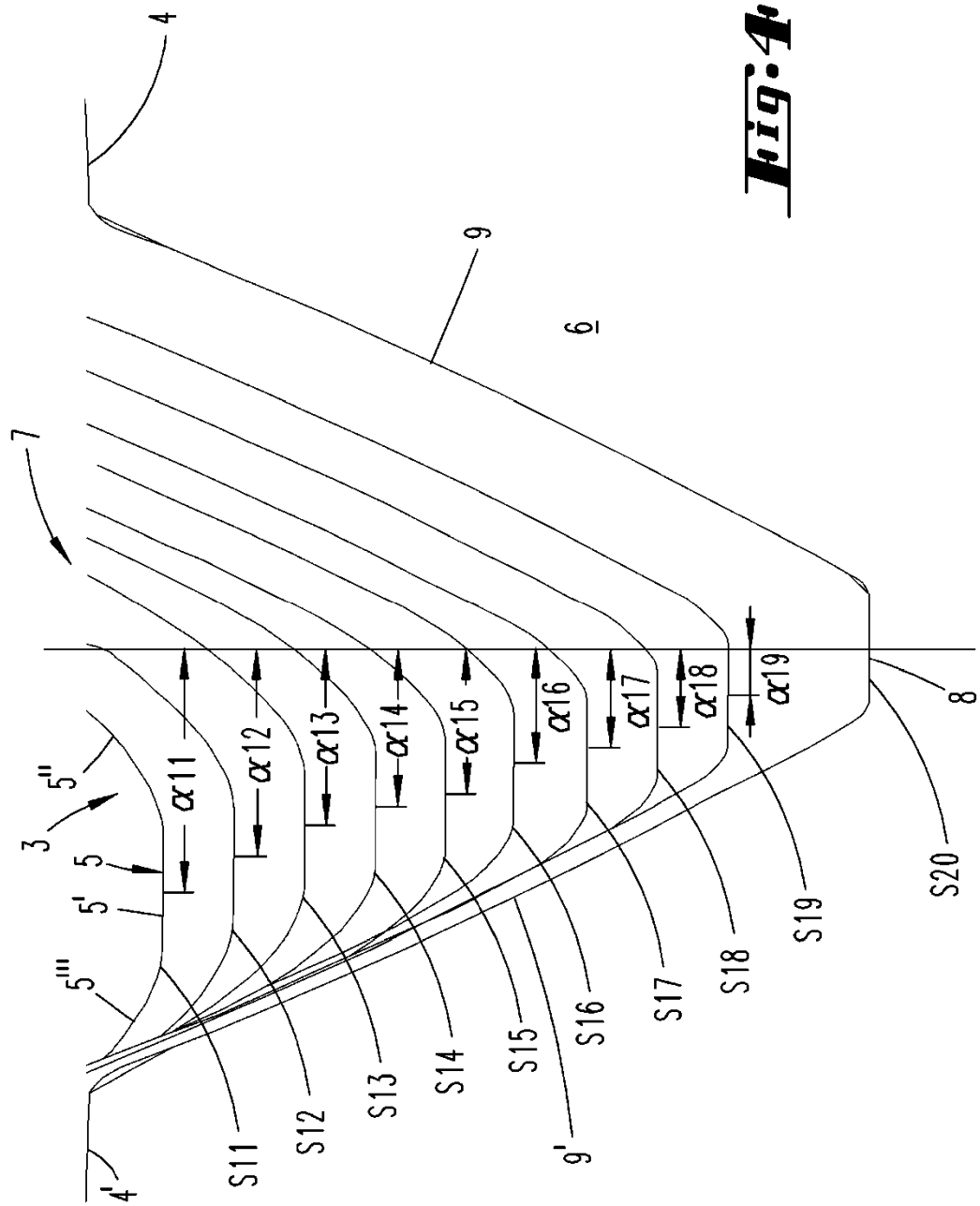


Fig. 4

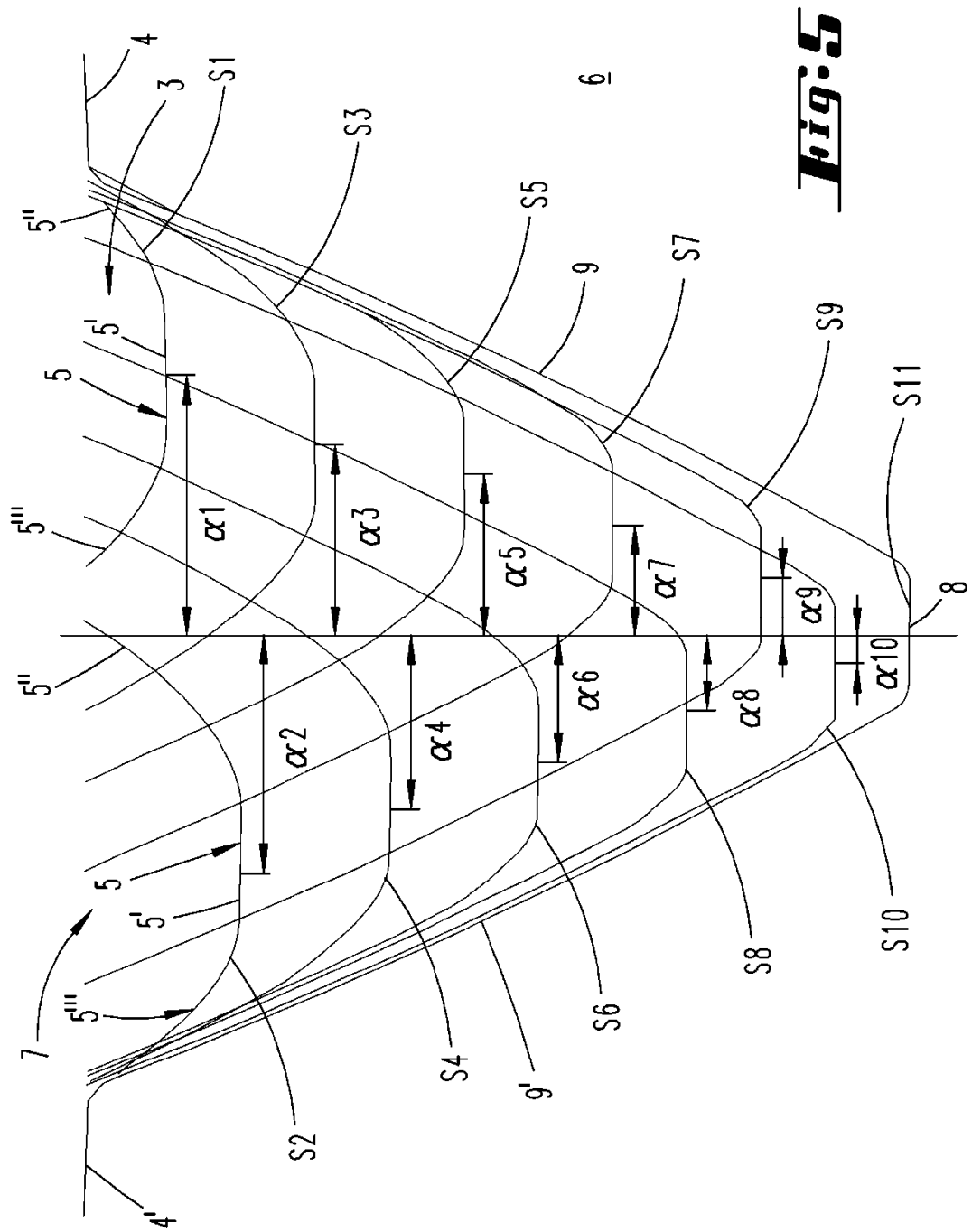
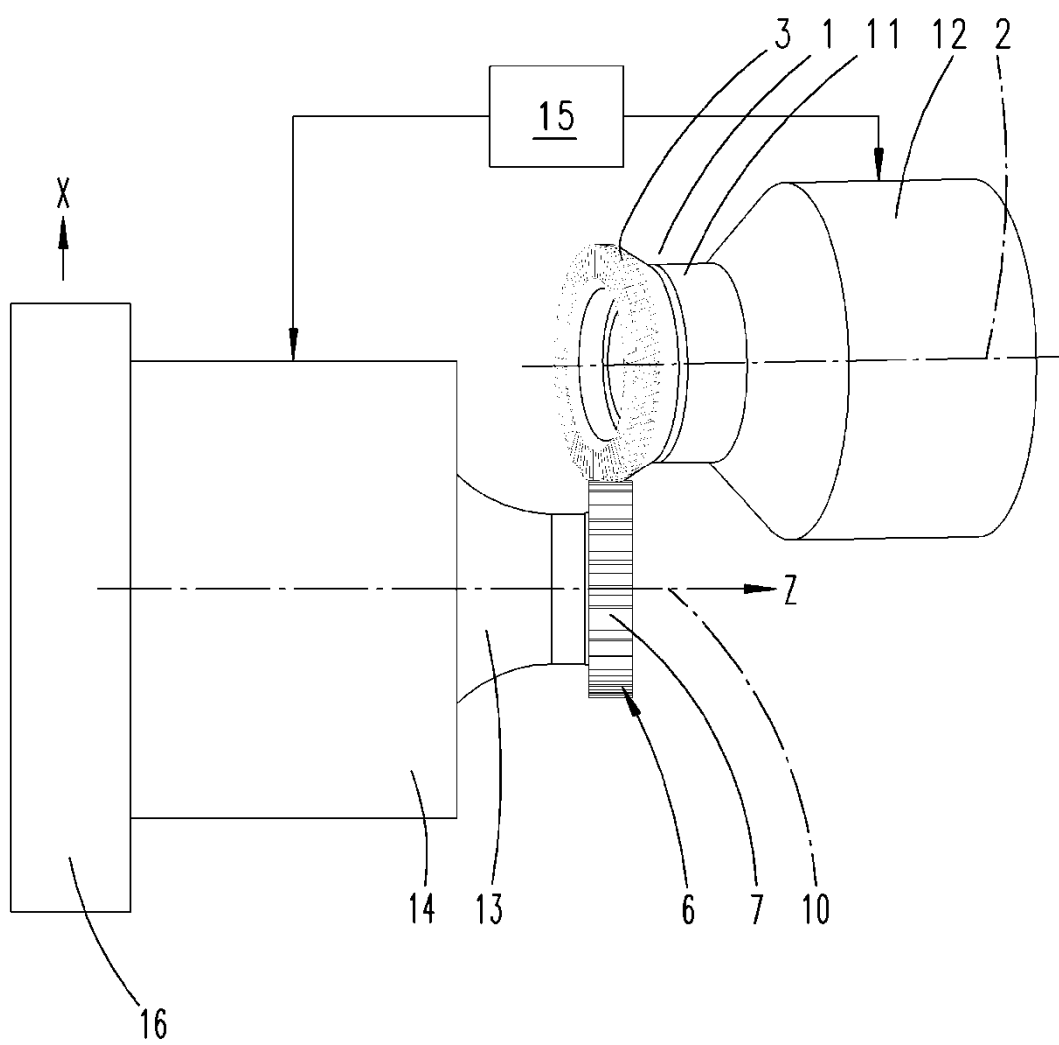


Fig. 6



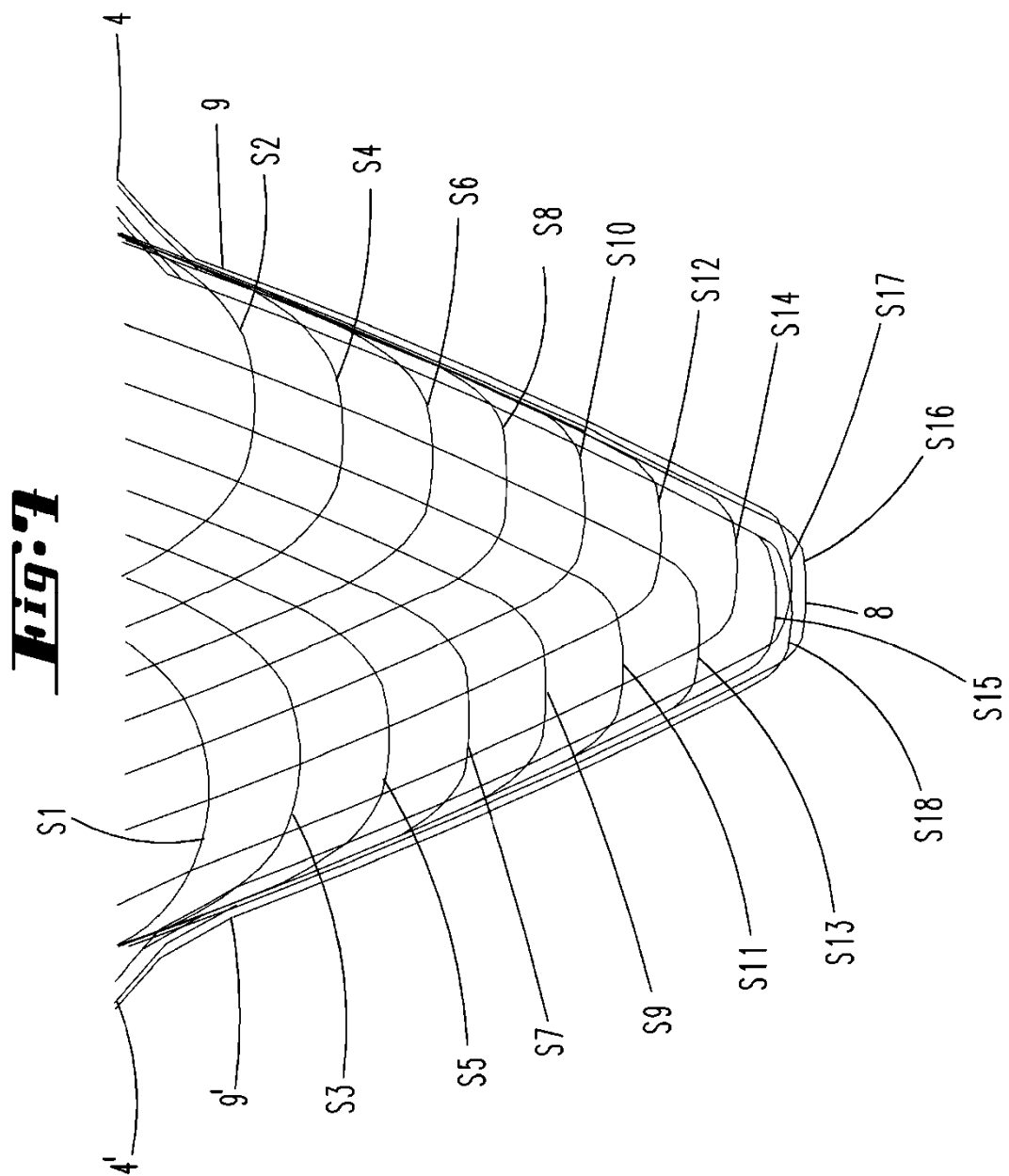


Fig. 8

