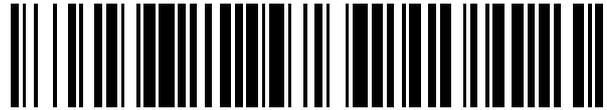


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 713**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/4093** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2011 E 11182848 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 2434359**

54 Título: **Procedimiento para la producción de una rueda dentada que presenta un dentado aflechado y procedimiento y dispositivo para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

**27.09.2010 DE 102010041489**

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

**14.02.2013**

73 Titular/es:

**DECKEL MAHO PFRONTEN GMBH (100.0%)  
Deckel-Maho-Strasse 1  
87459 Pfronten, DE**

72 Inventor/es:

**NEUMAIER, JOSEF;  
LOCHBIHLER, THOMAS y  
HANSEN, UWE-CARSTEN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 395 713 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 para la producción de una rueda dentada que presenta un dentado aflechado y procedimiento y dispositivo para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de una rueda dentada que presenta un dentado aflechado por medio de mecanizado por fresado de una pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes, en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en datos de control, que comprende generar los datos de control basándose en una geometría de flanco de diente, indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, y mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en la máquina herramienta con la herramienta para fresar basándose en los datos de control generados, controlándose la herramienta para fresar sucesivamente a lo largo de las vías de mecanizado indicadas por los datos de vía.

20 La presente invención se refiere además a un procedimiento y un dispositivo para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según un procedimiento de producción descrito anteriormente mediante mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico que comprende al menos 4 ejes, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar de la máquina herramienta basándose en los datos de control.

25 Además la presente invención se refiere a una máquina herramienta de control numérico que comprende al menos 4 ejes, en particular máquina fresadora, máquina herramienta universal o centro de mecanizado, para el mecanizado por fresado de una pieza de trabajo mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con una herramienta para fresar, en particular fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en datos de control generados, que comprende un dispositivo para generar datos de control y además la presente invención se refiere a un producto de programa informático, que comprende un medio legible por ordenador y un programa informático almacenado en el mismo con instrucciones, pudiendo procesarse el programa informático por un medio de procesamiento de datos de una unidad de procesamiento de datos de tal manera que se forme un dispositivo para generar datos de control.

**Antecedentes de la invención**

35 En el estado de la técnica se conoce convencionalmente fabricar ruedas dentadas u otras piezas de trabajo que presentan un dentado en máquinas herramienta especiales que forman dentados, es decir en máquinas especializadas especiales. Por ejemplo se conocen fresadoras por generación especiales en las que se labra un perfil de diente en una pieza de trabajo, controlándose una fresa de generación de perfiles o una muela rectificadora de perfiles de tal manera que se labran flancos de diente o dientes en la pieza de trabajo. A este respecto las herramientas de fresa de generación o muelas de perfiles presentan ya en sección transversal una forma correspondiente a la forma de perfil deseada de los flancos de diente que van a producirse sobre la pieza de trabajo. Controlando la herramienta de fresa de generación o la muela de perfiles a lo largo una vía a través de la pieza de trabajo, se genera a este respecto uno o dos flancos de diente opuestos que presentan el perfil correspondiente a la forma de la herramienta.

45 Si se produce una rueda dentada que presenta un dentado aflechado, en particular una rueda dentada con un dentado helicoidal a la izquierda y uno a la derecha (también denominado dentado doble helicoidal) en máquinas especializadas de este tipo por medio de ruedas de perfil o fresas de generación de perfiles, en primer lugar debe labrarse uno o varios perfiles de diente de un dentado helicoidal en una primera etapa de trabajo, después de lo que pueden labrarse uno o varios perfiles de diente del otro dentado helicoidal que presenta la inclinación opuesta en una etapa de trabajo adicional. Esto lleva a un procedimiento de producción costoso y que requiere mucho tiempo de la rueda dentada que presenta el dentado aflechado. Además, los dientes del dentado aflechado pueden labrarse de manera no general, en el caso de procedimientos convencionales, en máquinas especializadas por medio de fresa de generación de perfiles o muela rectificadora de perfiles, dado que un labrado de un diente de un dentado helicoidal con una fresa de generación de perfiles o una muela rectificadora de perfiles se fresaría hacia dentro o se rectificaría hacia dentro hasta el centro del dentado aflechado ya en un flanco de diente de un diente del otro dentado helicoidal. Por este motivo, en una producción de una rueda dentada con dentado aflechado por medio de una fresa de generación de perfiles o una muela rectificadora de perfiles se usa una pieza de trabajo con ranura central, se separa uno de otro los dos dentados helicoidales del dentado aflechado.

60 Esto se representa a modo de ejemplo en la figura 1, que muestra una vista en perspectiva de una pieza 10 de trabajo que presenta una ranura 11 central que rodea la pieza de trabajo de simetría rotativa. La pieza 10 de trabajo presenta además ya un intersticio 12 de diente de un dentado helicoidal y un intersticio 13 de diente del otro dentado helicoidal. Los flancos 12a y 12b de diente opuestos del intersticio 12 de diente están separados de los flancos 13a y 13b de diente del intersticio 13 de diente por la ranura 11 central. Esto impide que una fresa de generación de perfiles o una muela rectificadora de perfiles durante el labrado de los intersticios 12 y 13 de diente fresase hacia dentro o rectifique hacia dentro en un flanco de diente del en cada caso otro intersticio de diente. La figura 2 muestra

a modo de ejemplo una vista detallada de los intersticios 12 y 13 de diente de la figura 1. La figura 3 muestra a modo de ejemplo una vista desde arriba de los intersticios 12 y 13 de diente de la figura 1. Tal como se muestra en la figura 3 los dos dentados helicoidales del dentado aflechado presentan inclinaciones opuestas con igual ángulo de hélice. La ranura 11 presenta un ancho de ranura NB. Por lo tanto, en la rueda dentada acabada los dientes de los dos dentados helicoidales del dentado aflechado están separados en la punta del dentado aflechado en cada caso por la ranura 11 con el ancho de ranura NB. Sin embargo, al rodar dos ruedas dentadas aparecen a este respecto, justo en las caras exteriores de los flancos 12a, 12b, 13a y 13b, sobre ruedas orientadas a la cara exterior y en particular sobre las ruedas orientadas a la ranura 11 de los flancos 12a, 12b, 13a y 13b de diente, elevadas cargas y tensiones en el material. Esto lleva a una capacidad de carga reducida de la rueda dentada al rodar con una rueda dentada con flancos opuestos bajo carga.

Sin embargo, la presente invención se refiere ahora a un método desarrollado recientemente para la producción de piezas de trabajo que presentan un dentado en máquinas herramienta universales de control numérico que comprenden al menos 5 ejes, tales como por ejemplo una máquina fresadora, una fresadora universal o un centro de mecanizado, en el que el dentado se labra, sobre la pieza de trabajo mediante herramientas para fresar convencionales, tales como por ejemplo fresa frontal con o sin radio de extremo en mecanizado de contorneado línea por línea mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado, un flanco de diente a partir de la pieza de trabajo. A diferencia de la fabricación de piezas de trabajo que presentan un dentado en las máquinas especializadas de formación de dentado conocidas anteriormente, usadas convencionalmente, la invención se centra en la formación de un dentado sobre una pieza de trabajo en máquinas herramienta universales, tales como por ejemplo una máquina fresadora, una fresadora universal o un centro de mecanizado.

Una producción de este tipo de una pieza de trabajo que presenta un dentado en una máquina herramienta universal se describe por ejemplo en el artículo "Auf einfachem Weg zu guten Zähnen – Zahnräder mit hoher Qualität auf Standardmaschinen fräsen" de Hans-Peter Schossig (publicado en la revista WERKSTATT UND BETRIEB, en la editorial Carl Hanser, Múnich, edición 2007, N.º 4/28, en las páginas 28 a 32, ISSN 0043-2792) y el documento WO 2008/133517 A1. El punto de partida de la presente invención es este método desarrollado recientemente y sus perfeccionamientos que se han desarrollado por la propia solicitante (véase por ejemplo el documento DE 10 2009 008 124).

En cuanto a las desventajas descritas anteriormente de la producción de una rueda dentada con dentado aflechado en máquinas especializadas por medio de una fresa de generación de perfiles o una muela de generación de perfiles se reconoció que la capacidad de carga de una rueda dentada con dentado aflechado puede mejorarse considerablemente, no estando separados los dientes de un dentado helicoidal por una ranura central de los dientes del otro dentado helicoidal sino labrándose en general a partir de la pieza de trabajo. Se reconoció además que esto puede hacerse posible mediante el método desarrollado recientemente del labrado de flancos de diente por medio de una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, en una máquina universal tal como por ejemplo una máquina fresadora, una máquina fresadora universal o un centro de mecanizado a diferencia del procedimiento en máquinas especializadas con fresas de generación de perfiles o muelas rectificadoras de perfiles. La figura 4 muestra una representación fotográfica de una rueda dentada con dentado aflechado según un primer intento de fabricar una pieza de trabajo que presenta un dentado aflechado en una máquina herramienta universal por medio de una fresa frontal según un procedimiento correspondiente al método desarrollado recientemente. La figura 5 muestra una representación detallada fotográfica de la rueda dentada de la figura 4.

La rueda dentada de las figuras 4 y 5 ya no presenta ninguna ranura central sino que los dientes de los dos dentados helicoidales del dentado aflechado están conformados en general a lo largo de toda la anchura de diente del dentado aflechado y se unen entre sí en la punta central del dentado aflechado a lo largo de toda la altura de diente, mediante lo cual puede mejorarse considerablemente la capacidad de carga del dentado aflechado a diferencia de una rueda dentada con dentado aflechado y ranura central. Sin embargo los flancos 12a y 13a o 12b y 13b de diente de los intersticios 12 y 13 de diente de los dos dentados helicoidales están separados entre sí por una entalladura 11' fresada central, de modo que en la punta central del dentado aflechado no se proporciona ninguna superficie de rodadura con un flanco opuesto de una rueda dentada opuesta. Por lo tanto se impide que los flancos de diente converjan en el centro en ángulo agudo o se superpongan, mediante lo cual podría perjudicarse el comportamiento de rodadura.

El labrado de los flancos 12a, 12b, 13a y 13b de diente tuvo lugar por separado uno de otro según un procedimiento, tal como se conoce por el artículo "Auf einfachem Weg zu guten Zähnen - Zahnräder mit hoher Qualität auf Standardmaschinen fräsen" de Hans-Peter Schossig. Los flancos 12a, 12b, 13a o 13b de diente se labrarian por lo tanto separados uno de otro mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado que discurren a diferentes alturas del perfil en la dirección de la línea de flanco por medio de una fresa frontal. De manera correspondiente pueden reconocerse en la figura 5 en la zona de la base del diente entre los flancos 12a y 13a o 12b y 13b de diente rastros de fresado en la dirección de la línea de flanco. La entalladura 11' central se fresaría a continuación por medio de una fresa frontal, controlándose la fresa frontal a lo largo de vías de mecanizado que discurren en la dirección del perfil, tal como puede reconocerse por medio de los rastros de fresado en la zona de la entalladura 11' en la figura 5. Este procedimiento es sin embargo también costoso y requiere un alto tiempo de mecanizado, dado que los flancos de diente se labran separados uno de otro y a continuación debe labrarse también la entalladura 11' con una

herramienta para fresar con pequeño tamaño de herramienta y por lo tanto pequeño volumen de corte. Además en las zonas de contorno adyacentes a la entalladura 11' de los flancos 12a, 12b, 13a y 13b de diente aparecen además altas cargas, dado que en la punta central del dentado aflechado no se proporciona ninguna superficie de rodadura.

5 El documento EP 1 792 682 A1 describe un procedimiento para la producción de bombas de rueda dentada con secciones de dentado aflechado. A este respecto se muestran ejes que se usan en bombas de rueda dentada y que están fabricadas en cada caso a partir de una pieza de trabajo que consiste en dos muñones de cojinete dispuestos lateralmente y en cada caso una zona de dentado en la que están previstas en cada caso dos secciones de rueda  
10 dentada. Las ruedas dentadas presentan un dentado aflechado a lo largo de la zona de dentado. Entre las secciones de rueda dentada está prevista una entalladura en forma de rebaje que es por lo menos tan profundo como el círculo de la raíz del diente.

**Resumen de la invención**

15 En cuanto al procedimiento descrito anteriormente conocido por el estado de la técnica para la producción de una rueda dentada que presenta un dentado aflechado es un objetivo de la presente invención simplificar adicionalmente el mecanizado o la producción de un a rueda dentada que presenta dentado aflechado y hacerlo posible en tiempos de mecanizado más cortos. Además es un objetivo de la presente invención, mejorar el mecanizado o la producción  
20 de una rueda dentada que presenta dentado aflechado en una máquina herramienta universal de control numérico de tal manera que puede producirse una rueda dentada con dentado aflechado con mayor resistencia y comportamiento de marcha mejorado.

25 Para solucionar los objetivos de la presente invención descritos anteriormente se proponen un procedimiento para la producción de una rueda dentada que presenta un dentado aflechado según reivindicación 1, un procedimiento para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según reivindicación 17, un dispositivo para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según reivindicación 18, una máquina herramienta de control numérico que comprende al menos 4 ejes según reivindicación 19 y un producto de programa informático según reivindicación 20. Las características de formas de realización preferidas de la presente invención se describen en las reivindicaciones dependientes.  
30

Según la presente invención se propone un procedimiento para la producción de una rueda dentada que presenta un dentado aflechado por medio de mecanizado por fresado de una pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes en particular en una máquina fresadora, una máquina herramienta  
35 universal o un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en datos de control. El procedimiento de producción comprende generar los datos de control para dirigir la herramienta para fresar con respecto a la pieza de trabajo y mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en la máquina herramienta con la herramienta para fresar basándose en los datos de control generados.

40 La etapa generar los datos de control comprende establecer una primera geometría de flanco de diente, en particular basándose en información de dentado predeterminada, correspondiendo la primera geometría de flanco de diente a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado, establecer una segunda geometría de flanco de diente, en particular basándose en información de dentado predeterminado, correspondiendo la segunda geometría de flanco de diente a un segundo flanco de diente de un segundo dentado  
45 parcial del dentado aflechado, establecer una geometría de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer flanco de diente y el segundo flanco de diente, determinar una geometría de flanco de diente global, que comprende la primera geometría de flanco de diente, la geometría de sección de transición y la segunda geometría de flanco de diente, y generar los datos de control basándose en la geometría de flanco de diente global, indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discuriendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría de flanco de diente, de la geometría de sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente.  
50

55 Basándose en los datos de control generados se realiza el mecanizado por fresado, controlándose la herramienta para fresar sucesivamente a lo largo de las vías de mecanizado indicadas por los datos de vía.

60 El procedimiento según la invención ofrece por lo tanto la ventaja de que un primer flanco de diente de un dentado parcial de un dentado aflechado, en particular de un dentado helicoidal del dentado aflechado, un segundo flanco de diente del otro dentado parcial de un dentado aflechado, en particular del otro dentado helicoidal del dentado aflechado, y una zona de transición entre el primer flanco de diente y el segundo flanco de diente puede tener lugar en una etapa de mecanizado, dado que la herramienta para fresar puede guiarse en cada caso a lo largo de vías de mecanizado, en las que las vías de mecanizado discurren en cada caso sin interrupción a lo largo de la primera  
65 geometría de flanco de diente del primer flanco de diente, de la geometría de sección de transición de la sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente del segundo flanco de diente. Con ello el mecanizado

puede tener lugar de manera más eficaz y en un tiempo de mecanizado más corto.

Además, a través de las vías de mecanizado, que discurren en cada caso sin interrupción a lo largo de la primera geometría de flanco de diente del primer flanco de diente, de la geometría de sección de transición de la sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente del segundo flanco de diente, resultan pasos lisos y armónicos en la zona de transición entre la sección de transición central y las zonas de contorno de los flancos de diente, mediante lo cual pueden reducirse las cargas durante la rodadura bajo carga en la zona de contorno de los flancos de diente y resulta por lo tanto una resistencia aún mayor del dentado. Además el guiado directo de las vías de mecanizado sin interrupción a lo largo de la primera geometría de flanco de diente, de la geometría de sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente permiten un mecanizado debido al movimiento continuo de los ejes de la máquina herramienta una mayor precisión de mecanizado y una mejor calidad superficial.

Además la zona intermedia entre los den intersticios de diente de los dentados parciales del dentado aflechado puede labrarse con herramientas más grandes y por lo tanto mayor volumen de corte, mediante lo cual el tiempo de mecanizado puede reducirse adicionalmente. En conjunto, el mecanizado por fresado para la fabricación de ruedas dentadas puede realizarse de manera muy eficaz con herramientas grandes con gran volumen de corte.

Dado que los dientes de un dentado parcial del dentado aflechado debido a la sección de transición están unidos con los dientes del otro dentado parcial del dentado aflechado y no están separados por una ranura, la capacidad de carga y resistencia del dentado puede aumentarse considerablemente con respecto a una dentada con dentado aflechado con ranura central.

Preferiblemente la geometría de sección de transición se genera de tal manera que la primera geometría de flanco de diente en una pluralidad de puntos de contorno de la primera geometría de flanco de diente de manera tangencial se convierte en la geometría de sección de transición y la geometría de sección de transición en una pluralidad de puntos de contorno de la segunda geometría de flanco de diente de manera tangencial se convierte en la segunda geometría de flanco de diente. Con ello resultan pasos tangenciales de manera ventajosa entre la zona de transición central y los flancos de diente, mediante lo cual el transcurso de las vías de mecanizado puede establecerse de manera aún más continua y eficaz y las cargas durante la rodadura bajo carga en la zona de contorno de los flancos de diente pueden reducirse aún más y resulta por lo tanto una resistencia aún mayor del dentado. Además, mediante los pasos tangenciales hacia la sección de transición se permite de manera ventajosa que los ejes redondeados de la máquina herramienta durante el desplazamiento de la herramienta para fresar realicen a lo largo de las vías de mecanizado un movimiento armónico, continuo, mediante lo cual pueda alcanzarse una mayor precisión de mecanizado y mayor calidad superficial. Además pueden reducirse considerablemente los picos de tensión en el material con gran carga del dentado debido a los pasos tangenciales hacia la sección de transición.

Preferiblemente los puntos de contorno de la primera geometría de flanco de diente se establecen sobre una primera línea de corte entre la primera geometría de flanco de diente y una primera superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada y preferiblemente los puntos de contorno de la segunda geometría de flanco de diente se establecen sobre una segunda línea de corte entre la segunda geometría de flanco de diente y una segunda superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada. Esto permite establecer de forma sencilla la zona de contorno de los flancos de diente en el paso a la sección de transición central.

Preferiblemente la etapa generar los datos de control comprende además establecer una superficie central perpendicular al eje de la rueda dentada del dentado aflechado, presentando la primera superficie de corte y la segunda superficie de corte con respecto a la superficie central del dentado aflechado preferiblemente una separación igual y encontrándose la superficie central preferiblemente entre la primera y la segunda superficie de corte. Esto permite establecer de forma simétrica, más simplificada, con respecto a la simetría del dentado aflechado, la zona de contorno de los flancos de diente en el paso a al sección de transición central.

Preferiblemente la geometría de sección de transición en la dirección de la línea de flanco de diente tiene forma cóncava o forma convexa. Con ello puede labrarse de manera ventajosa tanto la cara de flanco convexa de los dientes del dentado aflechado como la cara de flanco cóncava opuesta a la cara de flanco convexa de los dientes del dentado aflechado por medio del procedimiento según la invención.

Preferiblemente la geometría de sección de transición corresponde a una superficie redondeada, en particular a una superficie de filete, entre la primera geometría de flanco de diente y la segunda geometría de flanco de diente. Con ello resulta una geometría continua de manera ventajosa para la sección de transición entre los flancos de diente de los dentados parciales del dentado aflechado, pudiendo modelarse o definirse la geometría de sección de transición de manera sencilla por segmentos de arco circular.

Preferiblemente la geometría de sección de transición se establece mediante una pluralidad de segmentos de arco circular que unen la primera geometría de flanco de diente y la segunda geometría de flanco de diente. Con ello resulta una superficie de transición redondeada, que puede modelarse ventajosamente de manera sencilla (por ejemplo por medio de un sistema CAD), en la sección de transición entre los flancos de diente de los dentados parciales del dentado aflechado. Además mediante la forma de segmento de arco circular de la sección de transición

entre los flancos de diente se permite que los ejes redondeados de la máquina herramienta durante el desplazamiento de la herramienta para fresar a lo largo de las vías de mecanizado realicen un movimiento armónico, continuo, mediante lo cual puede alcanzarse una mayor precisión de mecanizado y mayor calidad superficial.

- 5 Preferiblemente los segmentos de arco circular de la geometría de sección de transición discurren a diferentes alturas del perfil y preferiblemente cada segmento de arco circular une un primer punto de contorno respectivo de la primera geometría de flanco de diente con un segundo punto de contorno respectivo de la segunda geometría de flanco de diente, estableciéndose el primer punto de contorno respectivo y el segundo punto de contorno respectivo preferiblemente a igual altura del perfil. Igual altura de perfil significa a este respecto en particular con igual separación con respecto a la base del diente en el caso de flancos de diente simétricos, presentando los puntos de contorno en particular la misma separación con respecto al eje de la pieza de trabajo o rueda dentada.

15 Preferiblemente los segmentos de arco circular en los puntos de contorno respectivos de la geometría de flanco de diente respectiva de manera tangencial se convierten en la geometría de flanco de diente respectiva. Con ello resultan de manera ventajosa pasos tangenciales entre la zona de transición central y los flancos de diente, mediante lo cual puede establecerse el transcurso de las vías de mecanizado de manera aún más continua y eficaz y pueden reducirse aún más las cargas durante la rodadura bajo carga en la zona de contorno de los flancos de diente y resulta por lo tanto una resistencia del dentado aún mayor. Además mediante los pasos tangenciales hacia la sección de transición y la forma de segmento de arco circular se permite que los ejes redondeados de la máquina herramienta durante el desplazamiento de la herramienta para fresar a lo largo de las vías de mecanizado realicen un movimiento armónico, continuo óptimo, mediante lo cual puede alcanzarse una precisión de mecanizado óptima y una calidad superficial óptima. Además pueden reducirse considerablemente los picos de tensión en el material con elevada carga del dentado debido a los pasos tangenciales hacia la sección de transición y la forma segmento de arco circular continua.

25 Preferiblemente la etapa de generar una geometría de sección de transición comprende las etapas de establecer al menos un primer punto de contorno de la primera geometría de flanco de diente, establecer al menos un segundo punto de contorno de la segunda geometría de flanco de diente, estableciéndose el primer punto de contorno y el segundo punto de contorno a igual altura del perfil de los flancos de diente, establecer un primer vector normal sobre la primera geometría de flanco de diente en el primer punto de contorno, establecer un segundo vector normal sobre la segunda geometría de flanco de diente en el segundo punto de contorno, establecer un punto de corte entre una primera recta y una segunda recta, estando predeterminada la primera recta por la dirección del primer vector normal y estando predeterminada la segunda recta por la dirección del segundo vector normal, y establecer un segmento de arco circular desde el primer punto de contorno hasta el segundo punto de contorno, siendo el punto de corte entre la primera recta y la segunda recta el centro del segmento de arco circular, generándose la geometría de sección de transición de tal manera que comprende el segmento de arco circular. En particular la etapa de generar una geometría de sección de transición comprende las etapas de establecer un primer grupo de puntos de contorno de la primera geometría de flanco de diente, estableciéndose los puntos de contorno del primer grupo en cada caso a distintas alturas del perfil de la primera geometría de flanco de diente, establecer un segundo grupo de puntos de contorno de la segunda geometría de flanco de diente, estableciéndose cada punto de contorno del segundo grupo a igual altura del perfil con un punto de contorno respectivo del primer grupo, establecer un primer grupo de vectores normales sobre la primera geometría de flanco de diente, estableciéndose en cada caso un vector normal del primer grupo de vectores normales en un punto de contorno del primer grupo de puntos de contorno, establecer un segundo grupo de vectores normales sobre la segunda geometría de flanco de diente, estableciéndose en cada caso un vector normal del segundo grupo de vectores normales en un punto de contorno del segundo grupo de puntos de contorno, establecer un grupo de puntos de corte, siendo cada punto de corte un punto de corte entre una recta de un primer grupo de rectas y una recta de un segundo grupo de rectas, estando predeterminada cada recta del primer grupo de rectas por la dirección de un vector normal del primer grupo de vectores normales y cada recta del segundo grupo de rectas por la dirección de un vector normal del segundo grupo de vectores normales, y establecer un grupo de segmentos de arco circular, uniendo cada segmento de arco circular un punto de contorno del primer grupo de puntos de contorno con un punto de contorno que se encuentra a igual altura del perfil del segundo grupo de puntos de contorno, siendo un punto de corte la primera recta y la primera recta el centro del segmento de arco circular, y generándose la geometría de sección de transición de tal manera que comprende el grupo de segmentos de arco circular.

55 Mediante este procedimiento preferido pueden definirse de manera especialmente sencilla uno o varios segmentos de arco circular para la modelización de la geometría de sección de transición entre los flancos de diente de los dentados parciales del dentado aflechado, que en los puntos de contorno respectivos de los flancos de diente de manera tangencial se convierten en las superficies de los flancos de diente, dado que la construcción de los segmentos de arco circular tiene lugar basándose en los puntos de corte de las normales de la superficie en los puntos de contorno que se encuentran a igual altura del perfil de las geometrías de flanco de diente. Debido a la forma del perfil, por ejemplo una envolvente, de los flancos de diente dado el caso a diferentes alturas del perfil resultan segmentos de arco circular con en cada caso distintos radios de arco circular (radios de filete).

65 En el caso de igual forma de perfil e igual ángulo de hélice del primer flanco de diente y del segundo flanco de diente se garantiza, mediante la misma altura de perfil de puntos de contorno por parejas de la primera y segunda

geometrías de flanco de diente, que las normales de la superficie cortan en cada caso por parejas en un punto de corte común a través de los puntos de contorno. Sin embargo, si las formas de perfil del primer y segundo flancos de diente son diferentes y/o el ángulo de hélice del primer flanco de diente difiere del ángulo de hélice del segundo flanco de diente, los puntos de contorno por parejas del primer y segundo flancos de diente pueden establecerse en cada caso a una altura de perfil diferente de tal manera que a su vez resulte un punto de corte entre las normales de la superficie por parejas a través de los puntos de contorno por parejas del primer y segundo flanco de diente. Independientemente de la forma de perfil precisa de los flancos de diente y posición precisa de los puntos de contorno con respecto a la punta del dentado aflechado cada segmento de arco circular, cuyo centro se establece como un punto de corte entre dos normales de la superficie a través de puntos de contorno por parejas del primer y segundo flanco de diente, define un segmento de arco circular con pasos tangenciales respectivos al primer y segundo flanco de diente.

Preferiblemente el primer dentado parcial es un primer dentado helicoidal del dentado aflechado y preferiblemente el segundo dentado parcial es un segundo dentado helicoidal del dentado aflechado. Preferiblemente el primer dentado helicoidal está a la izquierda o a la derecha y preferiblemente el segundo dentado helicoidal presenta una inclinación opuesta a la inclinación del primer dentado helicoidal, en particular preferiblemente una inclinación opuesta con el mismo ángulo de hélice. Sin embargo la presente invención no está limitada a dentados aflechados con dos dentados helicoidales, que en la dirección de la línea de flanco presentan un transcurso recto, sino más bien la presente invención puede aplicarse también a dentados aflechados, cuyos dentados parciales presentan un transcurso que se diferencia del transcurso recto en la dirección de la línea de flanco y por ejemplo discurren en la dirección de la línea de flanco a lo largo de un arco circular, una envolvente o una curva curvada de otro modo.

Preferiblemente la primera geometría de flanco de diente y la segunda geometría de flanco de diente presentan la misma forma de perfil de flanco de diente, en particular preferiblemente la misma forma de perfil de envolvente. Esto permite con igual separación de los puntos de contorno del primer flanco de diente y del segundo flanco de diente con respecto a la superficie central del dentado aflechado, que es perpendicular al eje de la rueda dentada que presenta el dentado aflechado, y con igual altura de perfil de puntos de contorno por parejas del primer y segundo flancos de diente, garantizar que las normales de la superficie por parejas a través los puntos de contorno por parejas tienen un punto de corte común.

Preferiblemente la geometría de flanco de diente global es una primera geometría de flanco de diente global, que en la dirección de la línea de flanco de diente tiene forma cóncava, y preferiblemente la etapa de generar los datos de control comprende establecer una tercera geometría de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un tercer flanco de diente, opuesto a la primera geometría de flanco de diente, del primer dentado parcial del dentado aflechado, establecer una cuarta geometría de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un cuarto flanco de diente, opuesto a la segunda geometría de flanco de diente, del segundo dentado parcial del dentado aflechado, establecer una segunda geometría de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el tercer flanco de diente y el cuarto flanco de diente y en la dirección de la línea de flanco de diente tiene forma convexa, y determinar al menos una segunda geometría de flanco de diente global, que comprende la tercera geometría de flanco de diente, la segunda geometría de sección de transición y la cuarta geometría de flanco de diente, generándose los datos de control además basándose en la segunda geometría de flanco de diente global e indicando datos de vía adicionales para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta, discuriendo las vías de mecanizado adicionales en cada caso en transversal a la dirección del perfil del tercer y cuarto flanco de diente y a lo largo de la tercera geometría de flanco de diente, de la segunda geometría de sección de transición y de la cuarta geometría de flanco de diente. Con ello puede labrarse de manera ventajosa tanto la cara de flanco convexa de los dientes del dentado aflechado como la cara de flanco cóncava opuesta a la cara de flanco convexa de los dientes del dentado aflechado por medio del procedimiento según la invención.

Preferiblemente la primera geometría de sección de transición se genera de tal manera que la primera geometría de flanco de diente en una pluralidad de puntos de contorno de la primera geometría de flanco de diente esencialmente de manera tangencial se convierta en la primera geometría de sección de transición y la primera geometría de sección de transición en una pluralidad de puntos de contorno de la segunda geometría de flanco de diente esencialmente de manera tangencial se convierta en la segunda geometría de flanco de diente y preferiblemente la segunda geometría de sección de transición se genera de tal manera que la tercera geometría de flanco de diente en una pluralidad de puntos de contorno de la tercera geometría de flanco de diente esencialmente de manera tangencial se convierte en la segunda geometría de sección de transición y la segunda geometría de sección de transición en una pluralidad de puntos de contorno de la cuarta geometría de flanco de diente esencialmente de manera tangencial se convierte en la cuarta geometría de flanco de diente. Preferiblemente los puntos de contorno de la primera geometría de flanco de diente se establecen sobre una primera línea de corte entre la primera geometría de flanco de diente y una primera superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada y preferiblemente los puntos de contorno de la segunda geometría de flanco de diente se establecen sobre una segunda línea de corte entre la segunda geometría de flanco de diente y una segunda superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada. Además preferiblemente los puntos de contorno de la tercera geometría de flanco de diente se establecen sobre una tercera línea de corte entre la tercera geometría de flanco de diente y una tercera superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada y preferiblemente los puntos de contorno de la cuarta geometría de flanco de diente se establecen sobre una cuarta línea de corte entre la cuarta geometría de

flanco de diente y una cuarta superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada.

- Preferiblemente la primera superficie de corte y la segunda superficie de corte presentan una separación menor entre sí que la tercera superficie de corte y la cuarta superficie de corte. Esto permite de manera ventajosa, que la geometría de sección de transición cóncava del dentado aflechado se forme por segmentos de arco circular con un radio menor que la geometría de sección de transición convexa del dentado aflechado. Con ello resulta una geometría global del dentado en la que el nivel de flanco se amplía desde la zona de contorno de los flancos de diente en un paso armónico, tangencial hacia el centro o la punta del dentado aflechado. Con ello, mediante la elección adecuada de las separaciones entre la primera superficie de corte y la segunda superficie de corte y entre la tercera superficie de corte y la cuarta superficie de corte puede ajustarse el tamaño de la zona central de los dientes del dentado aflechado, en la que no tiene lugar ninguna rodadura de la cara de flanco de diente convexa con la cara de flanco de diente cóncava. Mediante una adaptación adecuada de las separaciones entre la primera superficie de corte y la segunda superficie de corte y entre la tercera superficie de corte y la cuarta superficie de corte puede optimizarse también una superficie de rodadura de los flancos de diente de tal manera que hasta el centro o al menos esencialmente hasta el centro del dentado aflechado puede crearse una superficie de rodadura de soporte. Esto permite optimizar adicionalmente el comportamiento de marcha del dentado aflechado y también aumentar la capacidad de carga del dentado aflechado, dado que la carga durante la rodadura puede distribuirse de manera uniforme.
- Preferiblemente además los puntos de contorno de un flanco de diente en la zona de transición hacia una geometría de sección de transición cóncava y los puntos de contorno de un flanco de diente opuesto en la zona de transición hacia una geometría de sección de transición convexa se selecciona de tal manera que los puntos de contorno del flanco de diente en la zona de transición hacia la geometría de sección de transición cóncava y los puntos de contorno del flanco de diente opuesto en la zona de transición hacia la geometría de sección de transición convexa presentan por parejas la misma separación con respecto al eje central de la pieza de trabajo o rueda dentada, de modo que los puntos de contorno se encuentran por parejas en particular sobre un arco circular que se encuentra en un plano perpendicular eje central de la pieza de trabajo o rueda dentada y cuyo centro se encuentra sobre el eje central.
- Según un aspecto adicional de la presente invención se propone un procedimiento para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según un procedimiento de producción descrito anteriormente, en particular preferiblemente según una o varias de las formas de realización preferidas, mediante mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en los datos de control. Según la invención generar los datos de control comprende establecer una primera geometría de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado, establecer una segunda geometría de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un segundo flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado, establecer una geometría de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer y segundo flanco de diente, determinar una geometría de flanco de diente global, que comprende la primera geometría de flanco de diente, la geometría de sección de transición y la segunda geometría de flanco de diente, y generar datos de control basándose en la geometría de flanco de diente global, indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurriendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría de flanco de diente, de la geometría de sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente.
- Según un aspecto adicional de la presente invención se propone un dispositivo para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según un procedimiento de producción descrito anteriormente, en particular preferiblemente según una o varias de las formas de realización preferidas, mediante mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en los datos de control. El dispositivo comprende según la invención un medio de modelización de geometría para establecer una primera geometría de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado, para establecer una segunda geometría de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un segundo flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado, para establecer una geometría de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer y segundo flanco de diente, y para determinar una geometría de flanco de diente global, que comprende la primera geometría de flanco de diente, la geometría de sección de transición y la segunda geometría de flanco de diente, y un medio de generación de datos de control para generar datos de control basándose en la geometría de flanco de diente global, indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurriendo las vías de

mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría de flanco de diente, de la geometría de sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente.

5 Generar los datos de control tiene lugar por lo tanto en el procedimiento descrito anteriormente para generar datos de control y en el dispositivo descrito anteriormente para generar datos de control de igual manera que en el procedimiento descrito anteriormente de producción y conlleva en particular las ventajas descritas anteriormente. Preferiblemente los datos de control se generan en particular según uno o varios de los aspectos preferidos descritos con referencia al procedimiento de producción.

10 Según un aspecto adicional de la presente invención se propone una máquina herramienta de control numérico que comprende al menos 4 ejes, en particular máquina fresadora, máquina herramienta universal o centro de mecanizado, para el mecanizado por fresado de una pieza de trabajo mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con una herramienta para fresar, en particular fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en  
15 datos de control generados, que comprende un dispositivo para generar datos de control según el aspecto descrito anteriormente de la presente invención.

Según un aspecto adicional de la presente invención se propone un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador y un programa informático almacenado en el mismo, estando  
20 almacenado el programa informático en forma de una sucesión de estados, que corresponde a instrucciones, que están adaptadas para procesarse por un medio de procesamiento de datos de una unidad de procesamiento de datos, de modo que se forma un dispositivo para generar datos de control según el aspecto descrito anteriormente de la presente invención.

## 25 Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra una vista en perspectiva a modo de ejemplo de una pieza de trabajo con ranura central y dos intersticios de diente de un dentado aflechado.

30 La figura 2 muestra una vista detallada de la pieza de trabajo de la figura 1.

La figura 3 muestra una vista desde arriba de los intersticios de diente del dentado aflechado de la figura 1.

35 La figura 4 muestra una representación fotográfica a modo de ejemplo de una rueda dentada con dentado aflechado sin ranura central.

La figura 5 muestra una representación detallada fotográfica de la rueda dentada con dentado aflechado sin ranura central de la figura 4.

40 La figura 6 muestra una vista desde arriba de un modelo geométrico de un intersticio de diente de un modelo de rueda dentada con un primer flanco y un segundo flanco de geometría global de diente según un ejemplo de realización de la presente invención.

45 La figura 7 muestra una vista en perspectiva detallada del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6.

La figura 8 muestra una vista en perspectiva del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares.

50 La figura 9 muestra una vista en perspectiva detallada del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares.

La figura 10 muestra una vista en perspectiva del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares.

55 La figura 11 muestra una vista en perspectiva detallada del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares.

60 La figura 12 muestra de manera esquemática un dispositivo para generar datos de control según un ejemplo de realización de la presente invención.

## Descripción detallada de ejemplos de realización preferidos de la presente invención

65 A continuación se describen de manera detallada ejemplos de realización preferidos de la presente invención con referencia a las figuras adjuntas. La presente invención no está limitada sin embargo a los ejemplos de realización descritos. La presente invención está definida por el alcance de las reivindicaciones. Características iguales o

similares de los ejemplos de realización se identifican en las figuras con los mismos números de referencia.

En el estado de la técnica se conoce fundamentalmente calcular un modelo geométrico de una pieza de trabajo que presenta un dentado, de un dentado o de un flanco de diente, por ejemplo por medio de un sistema CAD, en la medida que se establezcan o predeterminen los datos de información de dentado necesarios. Para ello pueden ser necesarios en particular los siguientes datos para poder calcular un modelo matemático o numérico del flanco de diente:

- datos que indican un tamaño y forma de la pieza de trabajo global antes y/o después del mecanizado (por ejemplo datos para calcular una geometría de pieza en bruto y/o de pieza acabada o un modelo de una geometría de pieza en bruto y/o de pieza acabada),
- datos que indican un tipo de forma constructiva del dentado, es decir en particular por ejemplo una forma constructiva de las posibles formas constructivas por ejemplo en dentados aflechados en general una rueda cilíndrica de dientes rectos,
- datos que indican un tipo de dentado, en particular por ejemplo un dentado aflechado inclusive ángulo de engranaje y ángulo de hélice,
- datos que indican la forma de perfil de flanco de diente, en particular por ejemplo una forma de perfil de flanco de diente de las formas de perfil de flanco de diente perfil de envolvente, perfil de cicloide y perfil de arco circular, u otros,
- datos que indican un tamaño y/o forma de una geometría de diente del dentado, en particular por ejemplo altura de diente, grosor de diente, ancho de diente o parámetros similares, y/o
- datos que indican un número de dientes y/o un módulo de paso real del dentado.

Debido a los datos indicados anteriormente es entonces posible de manera sencilla calcular un modelo matemático de una pieza de trabajo que presenta un dentado, con flancos de diente, que corresponde a una geometría de flanco de diente matemática exacta, que presenta en particular en el perfil precisamente la forma de perfil de flanco de diente predeterminada, por ejemplo una forma de perfil de envolvente.

Partiendo de un modelo calculado de este tipo, por ejemplo un modelo calculado por medio de un sistema CAD, es además posible, basándose en el modelo, calcular datos de vía, por ejemplo para la generación de un programa NC por ejemplo por medio de un sistema CAM o CAD/CAM, que están comprendidos en datos de control, por medio de los que puede controlarse una herramienta, tal como por ejemplo una fresa frontal u otra máquina herramienta de control numérico que presenta al menos 4 ejes, por ejemplo una máquina fresadora, una fresadora universal o un centro de mecanizado universal, para labrar mediante desplazamiento sucesivo y de contorneado línea por línea de la herramienta para fresar a lo largo de las vías de mecanizado sucesivo o en líneas un flanco de diente sobre la pieza de trabajo. A este respecto remítase en particular a la enseñanza del documento DE 10 2009 008 124, en el que se describe cómo pueden generarse preferentemente vías de mecanizado de este tipo basándose en una geometría de flanco de diente predeterminada.

La figura 6 muestra una vista desde arriba de un modelo geométrico de un intersticio de diente de un modelo de rueda dentada con una primera y una segunda geometría de flanco de diente según un ejemplo de realización de la presente invención. La figura 7 muestra una vista en perspectiva detallada del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6.

El modelo geométrico de un intersticio de diente de la figura 6 es un modelo de un intersticio de diente de un dentado aflechado con un dentado helicoidal a la izquierda y un dentado helicoidal a la derecha y comprende una primera geometría 12a de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente del primer dentado helicoidal, y una segunda geometría 13a de flanco de diente, que corresponde a un segundo flanco de diente del segundo dentado helicoidal, estando unidas la primera geometría 12a de flanco de diente y la segunda geometría 13a de flanco de diente mediante geometría 14a de transición de forma cóncava. La primera geometría 12a de flanco de diente, la geometría 14a de sección de transición y la segunda geometría 13a de flanco de diente forman una geometría de flanco de diente global sobre cuya base pueden generarse datos de control, por ejemplo según la enseñanza del documento DE 10 2009 008 124, indicando los datos de control datos de vía que discurren en cada caso en transversal a la dirección del perfil de las geometrías 12a y 13a de flanco de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría 12a de flanco de diente, de la geometría 14a de sección de transición y de la segunda geometría 13a de flanco de diente. Los dos dentados helicoidales del dentado aflechado tienen en este ejemplo de realización el mismo ángulo de hélice.

El modelo geométrico del intersticio de diente comprende una tercera geometría 12b de flanco de diente y una cuarta geometría 13b de flanco de diente, que están unidas mediante geometría 14b de transición de forma convexa. Las geometrías 12a y 12b de flanco de diente están enfrentadas y las geometrías de flanco de diente 13a y 13b están enfrentadas. La tercera geometría 12b de flanco de diente, la geometría 14b de sección de transición y la

cuarta geometría 13b de flanco de diente forman una geometría de flanco de diente global adicional sobre cuya base pueden generarse asimismo datos de control, por ejemplo según la enseñanza del documento DE 10 2009 008 124, indicando los datos de control de vía, que discurren en cada caso en transversal a la dirección del perfil de las geometrías 12b y 13b de flanco de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la tercera geometría 12b de flanco de diente, de la geometría 14b de sección de transición y de la cuarta geometría 13b de flanco de diente. Por lo tanto puede labrarse en conjunto basándose en los datos de control generados del intersticio de diente por fresado a partir de una pieza de trabajo.

Según este ejemplo de realización, las geometrías 14a y 14b de sección de transición forman superficies de filete respectivas que unen las geometrías de flanco 12a y 13a o 12b y 13b de diente y en cada caso están construidas a partir de una pluralidad de segmentos de arco circular, que en puntos de contorno de las geometrías de flanco de diente se convierten en cada caso de manera tangencial en las geometrías de flanco de diente. Un ejemplo de realización de un método de construcción para una geometría de sección de transición que define segmentos de arco circular se describe a continuación a modo de ejemplo con referencia a las figuras 8 a 11 con respecto a la geometría 14b de sección de transición. La figura 8 muestra una vista en perspectiva del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares. La figura 9 muestra una vista en perspectiva detallada del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares. La figura 10 muestra una vista en perspectiva del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares. La figura 11 muestra una vista en perspectiva detallada del modelo geométrico del intersticio de diente de la figura 6 con líneas auxiliares.

En las zonas de contorno de las geometrías 12b y 13b de flanco de diente se establecen puntos de contorno. A este respecto, en el contorno de la geometría 12b de flanco de diente se establecen puntos 1a, 1b, 1c, 1d y 1e de contorno que se encuentran a diferentes alturas del perfil, que se encuentran todos sobre una línea de corte de la geometría 12b de flanco de diente con una superficie de corte perpendicular al eje central de la rueda dentada. Además, en el contorno de la geometría 13b de flanco de diente se establecen puntos 2a, 2b, 2c, 2d y 2e de contorno que se encuentran a diferentes alturas del perfil, que se encuentran todos sobre una línea de corte de la geometría 13b de flanco de diente con una superficie de corte perpendicular al eje central de la rueda dentada. Las dos superficies de corte tienen a este respecto una separación igual al centro del dentado aflechado, que se predetermina por el eje de simetría del dentado aflechado (véase también en este caso la vista desde arriba de la figura 6). A este respecto en la figura 6 puede reconocerse también que los puntos de contorno de la geometría 14b de sección de transición convexa o de las geometrías 12b y 13b de flanco de diente presentan una separación mayor al centro del dentado aflechado que los puntos de contorno de la geometría 14a de sección de transición cóncava o de las geometrías 12a y 13a de flanco de diente, mediante lo cual, según este ejemplo de realización para la geometría 14b de transición convexa resultan radios mayores que para la geometría 14a de transición cóncava.

Los puntos 1a a 1e de contorno de la geometría 12b de flanco de diente se encuentran en cada caso por parejas con los puntos 2a a 2e de contorno de la geometría 13b de flanco de diente a igual altura del perfil de las geometrías 12b y 13b de flanco de diente (es decir el punto 1a de contorno se encuentra a igual altura del perfil que el punto 2a de contorno, el punto 1b de contorno se encuentra a igual altura del perfil que el punto 2b de contorno, etc.), presentando las geometrías 12b y 13b de flanco de diente además en cada caso una forma de perfil igual.

En una etapa siguiente se determinan los vectores normales sobre las geometrías 12b y 13b de flanco de diente en los puntos 1a a 1e y 2a a 2e de contorno, mediante lo cual pueden definirse las normales 3a a 3e de superficie (rectas) y las normales 4a a 4e de superficie (rectas). La normal 3a de superficie discurre en perpendicular a la geometría 12b de flanco de diente a través del punto 1a de contorno, la normal 3b de superficie discurre en perpendicular a la geometría 12b de flanco de diente a través del punto 1b de contorno, la normal 3c de superficie discurre en perpendicular a la geometría 12b de flanco de diente a través del punto 1c de contorno, la normal 3d de superficie discurre en perpendicular a la geometría 12b de flanco de diente a través del punto 1d de contorno y la normal 3e de superficie discurre en perpendicular a la geometría 12b de flanco de diente a través del punto 1e de contorno. De manera análoga la normal 4a de superficie en perpendicular a la geometría 13b de flanco de diente a través del punto 2a de contorno, la normal 4b de superficie discurre en perpendicular a la geometría 13b de flanco de diente a través del punto 2b de contorno, la normal 4c de superficie discurre en perpendicular a la geometría 13b de flanco de diente a través del punto 2c de contorno, la normal 4d de superficie discurre en perpendicular a la geometría 13b de flanco de diente a través del punto 2d de contorno y la normal 4e de superficie discurre en perpendicular a la geometría 13b de flanco de diente a través del punto 2e de contorno.

Dado que este ejemplo de realización la forma de perfil de las geometrías 12b y 13b de flanco de diente son iguales, los puntos de contorno están dispuestos por parejas a igual altura del perfil y los ángulos de hélice de las geometrías 12b y 13b de flanco de diente son iguales, se cortan las normales 3a a 3e y 4a a 4e de superficie en cada caso por parejas en los puntos 5a a 5e de corte (véase en particular la figura 11). Estos puntos 5a a 5e de corte pueden establecerse como centros de segmentos 6a a 6e de arco circular, teniendo el segmento 6a de arco circular el punto 5a de corte como centro y uniendo los puntos 1a y 2a de contorno, teniendo el segmento 6b de arco circular el punto 5b de corte como centro y uniendo los puntos 1b y 2b de contorno, teniendo el segmento 6c de arco circular el punto 5c de corte como centro y uniendo los puntos 1c y 2c de contorno, teniendo el segmento 6d de arco circular el punto 5d de corte como centro y uniendo los puntos 1d y 2d de contorno y teniendo el segmento 6e de arco circular el

punto 5e de corte como centro y uniendo los puntos 1e y 2e de contorno (véase en particular la figura 11). Mediante la construcción por medio de las normales 3a a 3e y 4a a 4e de superficie en los puntos 1a a 1e y 2a a 2e de contorno, los segmentos 6a a 6e de arco circular se convierten en cada caso de manera tangencial en los puntos 1a a 1e de contorno de la geometría 12b de flanco de diente y en los puntos 2a a 2e de contorno de la geometría 13b de flanco de diente.

Mediante los segmentos 6a a 6c de arco circular puede definirse ahora la geometría 14b de sección de transición, comprendiendo la geometría 14b de transición los segmentos 6a a 6e de arco circular que discurren a distintas alturas del perfil.

Por lo tanto, pueden generarse datos de control para dirigir la herramienta para fresar con respecto a la pieza de trabajo, realizándose las siguientes etapas: establecer una geometría 12b de flanco de diente que corresponde a una geometría de un flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado, establecer una geometría 13b de flanco de diente que corresponde a una geometría de un flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado, establecer una geometría 14b de sección de transición que corresponde a una geometría de una sección de transición entre los flancos de diente, determinar una geometría de flanco de diente global que comprende la geometría 12b de flanco de diente, la geometría 14b de sección de transición y la geometría 13b de flanco de diente. A continuación pueden generarse los datos de control basándose en la geometría de flanco de diente global, indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurrendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la geometría 12b de flanco de diente, de la geometría 14b de sección de transición y de la geometría 13b de flanco de diente.

La figura 12 muestra de manera esquemática un dispositivo 200 para generar datos de control según un ejemplo de realización de la presente invención. El dispositivo 200 es adecuado para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo mediante mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes, en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en los datos de control.

El dispositivo 200 comprende un medio 210 de introducción de datos de información de dentado para la introducción de datos de información de dentado por ejemplo por medio de un teclado y/o un ratón de ordenador. El dispositivo comprende además un medio 220 de representación para representar de forma numérica las geometrías de piezas de trabajo generadas, geometrías de dentado, una o varias geometrías de flanco de diente, una o varias geometrías de sección de transición y una o varias geometrías de flanco de diente global.

El dispositivo 200 comprende además un medio de modelización de geometría 230 para establecer una primera geometría de flanco de diente (en particular basándose en datos de información de dentado introducidos), que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado, para establecer una segunda geometría de flanco de diente (en particular basándose en datos de información de dentado introducidos), que corresponde a una geometría de un segundo flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado, para establecer una geometría de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer y segundo flanco de diente, y para determinar una geometría de flanco de diente global, que comprende la primera geometría de flanco de diente, la geometría de sección de transición y la segunda geometría de flanco de diente. El medio 230 de modelización de geometría es en particular adecuado para establecer puntos de contorno sobre las geometrías de flanco de diente, establecer vectores normales sobre los puntos de contorno o normales de superficie en los puntos de contorno de las geometrías de flanco de diente, determinar puntos de corte de las normales de superficie y/o establecer segmentos de arco circular que establecen o definen una geometría de sección de transición.

El dispositivo 200 comprende además un medio 240 de generación de datos de control para generar datos de control basándose en la geometría de flanco de diente global, indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurrendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría de flanco de diente, de la geometría de sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente.

El dispositivo 200 comprende además una interfaz 250, con la que pueden almacenarse los datos de control generados en un soporte de datos, con el que los datos de control pueden transmitirse a una máquina herramienta y/o para la unión con una máquina herramienta (de forma inalámbrica o por unión por cable) para la transmisión de los datos de control a la máquina herramienta.

En resumen, mediante la presente invención se simplifica adicionalmente el mecanizado o la producción de una rueda dentada que presenta dentado aflechado y se hace posible en tiempos de mecanizado más cortos. Además mediante la presente invención puede mejorarse el mecanizado o la producción de una rueda dentada que presenta

dentado afechado en una máquina herramienta universal de control numérico de tal manera que pueda producirse una rueda dentada con dentado afechado con mayor resistencia y un comportamiento de marcha mejorado.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la producción de una rueda (10) dentada que presenta un dentado aflechado por medio de mecanizado por fresado de una pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes, en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en datos de control, que comprende;
- 10 - generar los datos de control para dirigir la herramienta para fresar con respecto a la pieza de trabajo, que comprende:
- establecer una primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado,
  - 15 - establecer una segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un segundo flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado,
  - establecer una geometría (14a; 14b) de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer flanco de diente y el segundo flanco de diente,
  - 20 - determinar una geometría (12a, 13a, 14a; 12b, 13b, 14b) de flanco de diente global, que comprende la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente, la geometría (14a; 14b) de sección de transición y la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente, y
  - generar los datos de control basándose en la geometría (12a, 13a, 14a; 12b, 13b, 14b) de flanco de diente global, indicando los datos de control de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurrendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente, de la geometría (14a; 14b) de sección de transición y de la segunda geometría (13b) de flanco de diente; y
  - 25 - mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en la máquina herramienta con la herramienta para fresar basándose en los datos de control generados, controlándose la herramienta para fresar sucesivamente a lo largo de las vías de mecanizado indicadas por los datos de vía.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la geometría (14a; 14b) de sección de transición se genera de tal manera que la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente en una pluralidad de puntos (1a - 1e) de contorno de la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente se convierte de manera tangencial en la geometría (14a; 14b) de sección de transición y la geometría (14a; 14b) de sección de transición en una pluralidad de puntos (2a - 2e) de contorno de la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente se convierte de manera tangencial en la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** los puntos (1a - 1e) de contorno de la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente se establecen sobre una primera línea de corte entre la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente y una primera superficie de corte perpendicular al eje de la rueda (10) dentada y los puntos (2a - 2e) de contorno de la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente sobre una segunda línea de corte entre la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente y una segunda superficie de corte perpendicular al eje de la rueda (10) dentada.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por** establecer una superficie central del dentado aflechado perpendicular al eje de la rueda (10) dentada, presentando la primera superficie de corte y la segunda superficie de corte una separación igual con respecto a la superficie central del dentado aflechado y encontrándose la superficie central entre la primera y la segunda superficie de corte.
5. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la geometría (14a; 14b) de sección de transición en la dirección de la línea de flanco de diente tiene forma cóncava o tiene forma convexa.
6. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la geometría (14a; 14b) de sección de transición corresponde a una superficie redondeada, en particular a una superficie de filete, entre la primera geometría de flanco de diente y la segunda geometría de flanco de diente.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** la geometría (14a; 14b) de sección de transición se establece mediante una pluralidad de segmentos (6a - 6e) de arco circular que unen la primera geometría de flanco de diente y la segunda geometría de flanco de diente, discurrendo los segmentos (6a - 6e) de arco circular de la geometría (14a; 14b) de sección de transición a diferentes alturas del perfil y cada segmento (6a; 6b; 6c; 6d; 6e) de arco circular une un primer punto (1a; 1b; 1c; 1d; 1e) de contorno respectivo de la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente con un segundo punto (2a; 2b; 2c; 2d; 2e) de contorno respectivo de la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente, estando establecidos el primer punto de contorno respectivo y el

segundo punto de contorno respectivo a igual altura del perfil, convirtiéndose los segmentos (6a - 6e) de arco circular, en los puntos de contorno respectivos de la geometría de flanco de diente respectiva, de manera tangencial en la geometría de flanco de diente respectiva.

5 8. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la etapa de generar una geometría (14a; 14b) de sección de transición comprende:

- establecer al menos un primer punto (1a; 1b; 1c; 1d; 1e) de contorno de la primera geometría (12a; 12b) de flanco de diente,
- 10 - establecer al menos un segundo punto (2a; 2b; 2c; 2d; 2e) de contorno de la segunda geometría (13a; 13b) de flanco de diente, estableciéndose el primer punto de contorno y el segundo punto de contorno a igual altura del perfil de los flancos de diente,
- establecer un primer vector normal sobre la primera geometría de flanco de diente en el primer punto de contorno,
- 15 - establecer un segundo vector normal sobre la segunda geometría de flanco de diente en el segundo punto de contorno,
- establecer un punto (5a; 5b; 5c; 5d; 5e) de corte entre una primera recta (3a; 3b; 3c; 3d; 3e) y una segunda recta (4a; 4b; 4c; 4d; 4e), estando predeterminada la primera recta por la dirección del primer vector normal y la segunda recta por la dirección del segundo vector normal, y
- 20 - establecer un segmento (6a; 6b; 6c; 6d; 6e) de arco circular desde el primer punto de contorno hasta el segundo punto de contorno, siendo el punto de corte entre la primera recta y la segunda recta el centro del segmento de arco circular,

25 generándose la geometría (14a; 14b) de sección de transición de tal manera que comprende el segmento de arco circular.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el primer dentado parcial es un primer dentado helicoidal del dentado aflechado y el segundo dentado parcial es un segundo dentado helicoidal del dentado aflechado, siendo el primer dentado helicoidal a la izquierda o a la derecha y presentado el segundo dentado helicoidal una inclinación opuesta a la inclinación del primer dentado helicoidal, en particular con el mismo ángulo de hélice.

30 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la geometría (12b, 13b, 14b) de flanco de diente global es una primera geometría de flanco de diente global, que en la dirección de la línea de flanco de diente tiene forma cóncava, y la etapa de generar los datos de control comprende además:

- establecer una tercera geometría (12a) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un tercer flanco de diente, opuesto a la primera geometría de flanco de diente, del primer dentado parcial del dentado aflechado,
- 40 - establecer una cuarta geometría (13a) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un cuarto flanco de diente, opuesto a la segunda geometría de flanco de diente, del segundo dentado parcial del dentado aflechado,
- establecer una segunda geometría (14a) de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el tercer flanco de diente y el cuarto flanco de diente y en la dirección de la línea de flanco de diente tiene forma convexa, y
- 45 - determinar al menos una segunda geometría (12a, 13a, 14a) de flanco de diente global, que comprende la tercera geometría de flanco de diente, la segunda geometría de sección de transición y la cuarta geometría de flanco de diente,

50 generándose los datos de control además basándose en la segunda geometría (12a, 13a, 14a) de flanco de diente global e indicando datos de vía adicionales para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta, discurriendo las vías de mecanizado adicionales en cada caso en transversal a la dirección del perfil del tercer y cuarto flanco de diente y a lo largo de la tercera geometría de flanco de diente, de la segunda geometría de sección de transición y de la cuarta geometría de flanco de diente.

55 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** la primera geometría (14b) de sección de transición se genera de tal manera que la primera geometría de flanco de diente en una pluralidad de puntos (1a - 1e) de contorno de la primera geometría (12b) de flanco de diente se convierte esencialmente de manera tangencial en la primera geometría (14b) de sección de transición y la primera geometría (14b) de sección de transición en una pluralidad de puntos (2a - 2e) de contorno de la segunda geometría (13b) de flanco de diente se convierte esencialmente de manera tangencial en la segunda geometría (13b) de flanco de diente, y la segunda geometría (14a) de sección de transición se genera de tal manera que la tercera geometría (12a) de flanco de diente en una pluralidad de puntos de contorno de la tercera geometría (12a) de flanco de diente se convierte esencialmente de manera tangencial en la segunda geometría (14a) de sección de transición y la segunda geometría (14a) de sección de transición en una pluralidad de puntos de contorno de la cuarta geometría (13a) de

flanco de diente se convierte esencialmente de manera tangencial en la cuarta geometría (13a) de flanco de diente, estableciéndose los puntos (1a - 1e) de contorno de la primera geometría (12b) de flanco de diente sobre una primera línea de corte entre la primera geometría (12b) de flanco de diente y una primera superficie de corte perpendicular al eje de la rueda (10) dentada y estableciéndose los puntos (2a - 2e) de contorno de la segunda geometría (13b) de flanco de diente sobre una segunda línea de corte entre la segunda geometría (13b) de flanco de diente y una segunda superficie de corte perpendicular al eje de la rueda (10) dentada, y estableciéndose los puntos de contorno de la tercera geometría (12a) de flanco de diente sobre una tercera línea de corte entre la tercera geometría (12a) de flanco de diente y una tercera superficie de corte perpendicular al eje de la rueda (10) dentada y estableciéndose los puntos de contorno de la cuarta geometría (13a) de flanco de diente sobre una cuarta línea de corte entre la cuarta geometría (13a) de flanco de diente y una cuarta superficie de corte perpendicular al eje de la rueda dentada.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** la primera superficie de corte y la segunda superficie de corte presentan una separación menor que la tercera superficie de corte y la cuarta superficie de corte.

13. Procedimiento para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según un procedimiento de producción de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores mediante mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico que comprende al menos 4 ejes, en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en los datos de control, que comprende;

- establecer una primera geometría (12b) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado,
- establecer una segunda geometría (13b) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un segundo flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado,
- establecer una geometría (14b) de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer y segundo flanco de diente,
- determinar una geometría (12b, 13b, 14b) de flanco de diente global, que comprende la primera geometría (12b) de flanco de diente, la geometría (14b) de sección de transición y la segunda geometría (13b) de flanco de diente, y
- generar datos de control basándose en la geometría (12b, 13b, 14b) de flanco de diente global,

indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurriendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría de flanco de diente, de la geometría de sección de transición y de la segunda geometría de flanco de diente.

14. Dispositivo para generar datos de control para la formación de un dentado aflechado sobre una pieza de trabajo según un procedimiento de producción de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 12 mediante mecanizado por fresado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta de control numérico, que comprende al menos 4 ejes en particular en una máquina fresadora, en una máquina herramienta universal o en un centro de mecanizado, mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con respecto a la pieza de trabajo con una herramienta para fresar, en particular una fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en los datos de control, con:

- un medio (230) de modelización de geometría para establecer una primera geometría (12b) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un primer flanco de diente de un primer dentado parcial del dentado aflechado, para establecer una segunda geometría (13b) de flanco de diente, que corresponde a una geometría de un segundo flanco de diente de un segundo dentado parcial del dentado aflechado, para establecer una geometría (14b) de sección de transición, que corresponde a una geometría de una sección de transición entre el primer y segundo flanco de diente, y para determinar una geometría (12b, 13b, 14b) de flanco de diente global, que comprende la primera geometría (12b) de flanco de diente, la geometría (13b) de sección de transición y la segunda geometría (14b) de flanco de diente, y
- un medio (240) de generación de datos de control para generar datos de control basándose en la geometría (12b, 13b, 14b) de flanco de diente global,

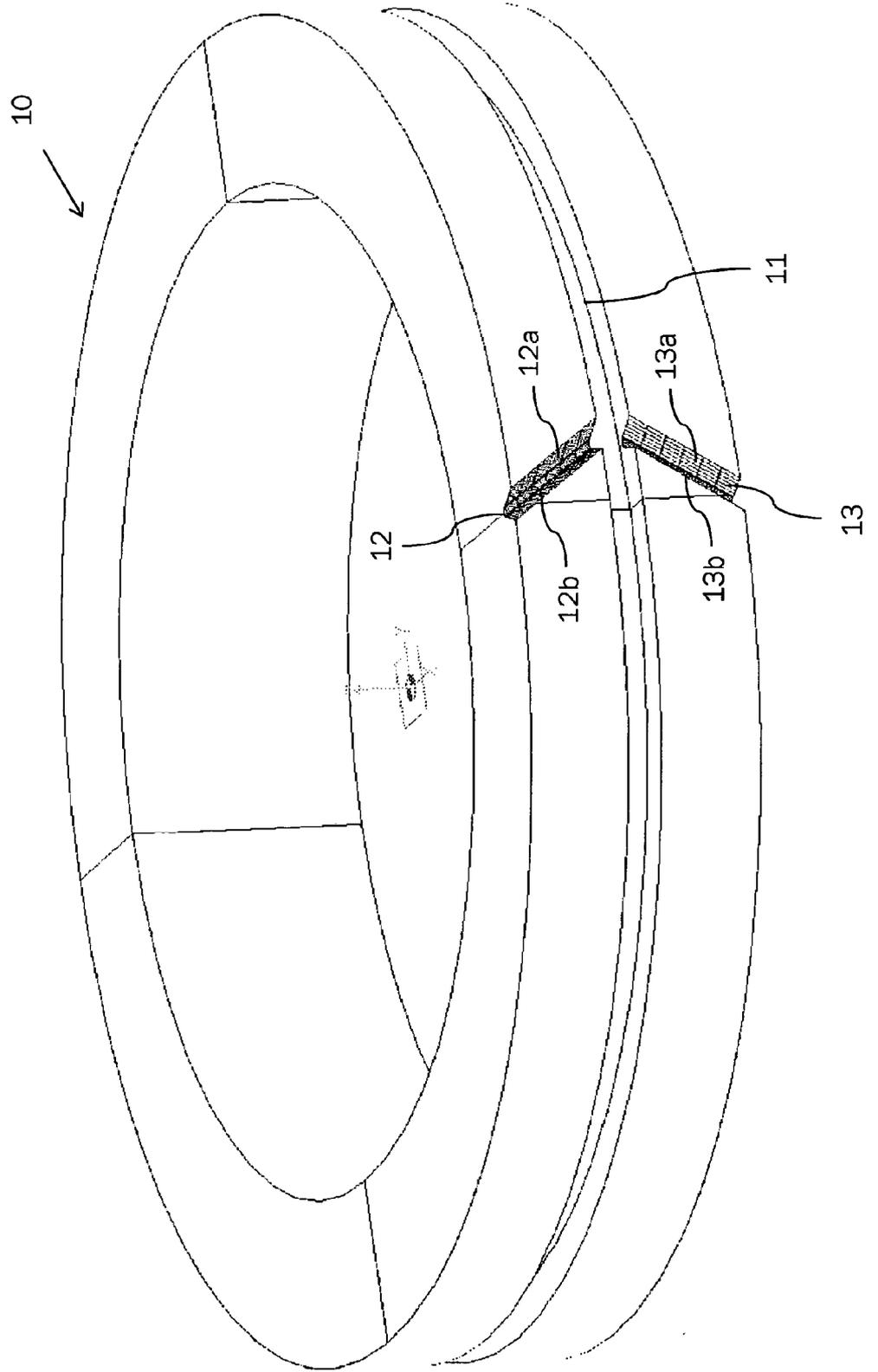
indicando los datos de control datos de vía para dirigir la herramienta para fresar de la máquina herramienta a lo largo de vías de mecanizado, discurriendo las vías de mecanizado en cada caso en transversal a la dirección del perfil de los flancos de diente, en particular a diferentes alturas del perfil, y a lo largo de la primera geometría (12b) de flanco de diente, de la geometría (14b) de sección de transición y de la segunda geometría (13b) de flanco de diente.

15. Máquina herramienta de control numérico que comprende al menos 4 ejes, en particular máquina fresadora,

máquina herramienta universal o centro de mecanizado, para el mecanizado por fresado de una pieza de trabajo mediante la salida sucesiva de vías de mecanizado con una herramienta para fresar, en particular fresa frontal, de la máquina herramienta basándose en datos de control generados, que comprende un dispositivo (200) para generar datos de control de acuerdo con la reivindicación 14.

- 5
16. Producto de programa informático, que comprende un medio legible por ordenador y un programa informático almacenado en el mismo, estando almacenado el programa informático en forma de una sucesión de estados, que corresponde a instrucciones, que están adaptadas para procesarse por un medio de procesamiento de datos de una unidad de procesamiento de datos, de modo que la unidad de procesamiento de datos está adaptada para realizar
- 10 las etapas del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13.

Fig. 1



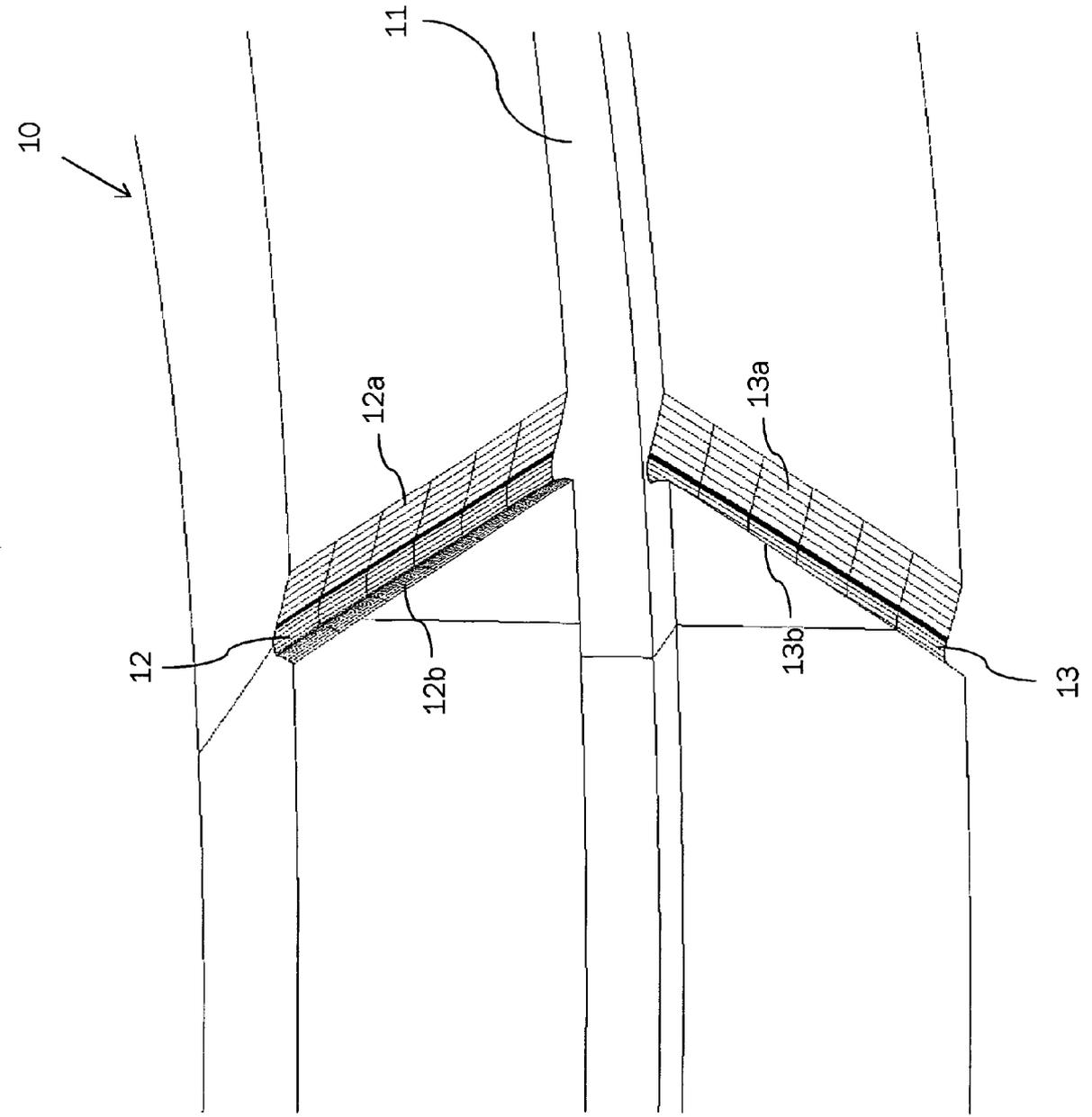


Fig. 2

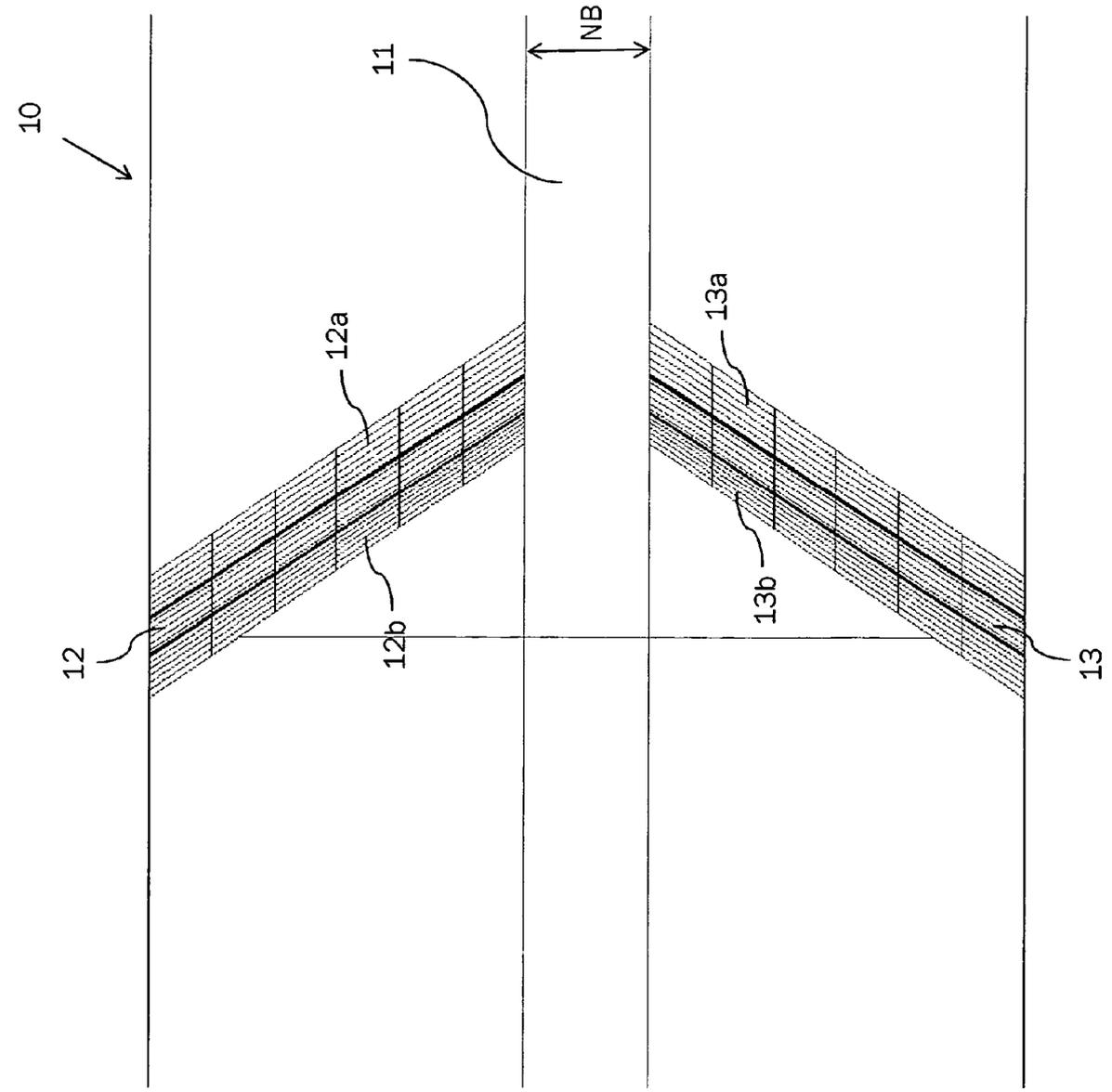


Fig. 3

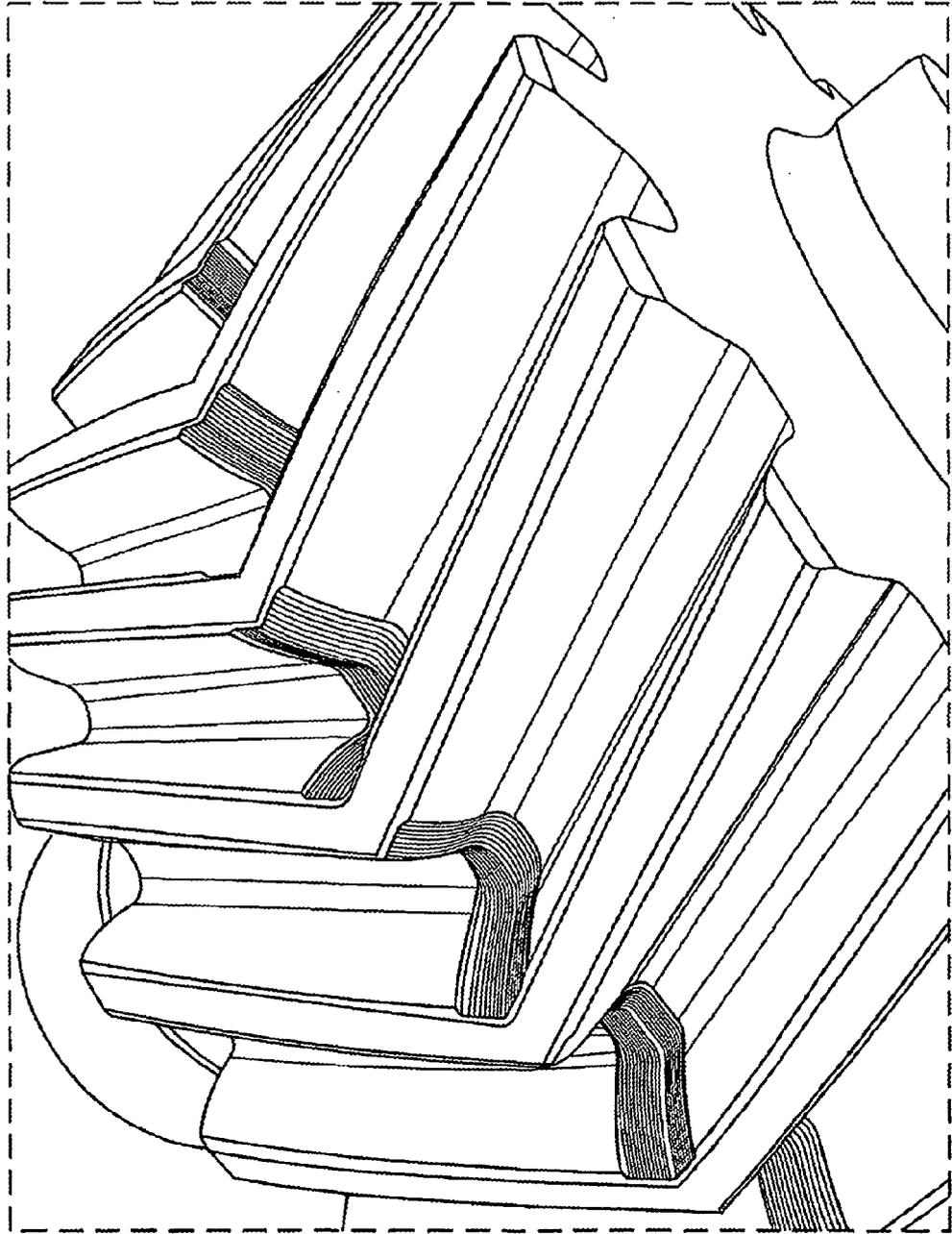
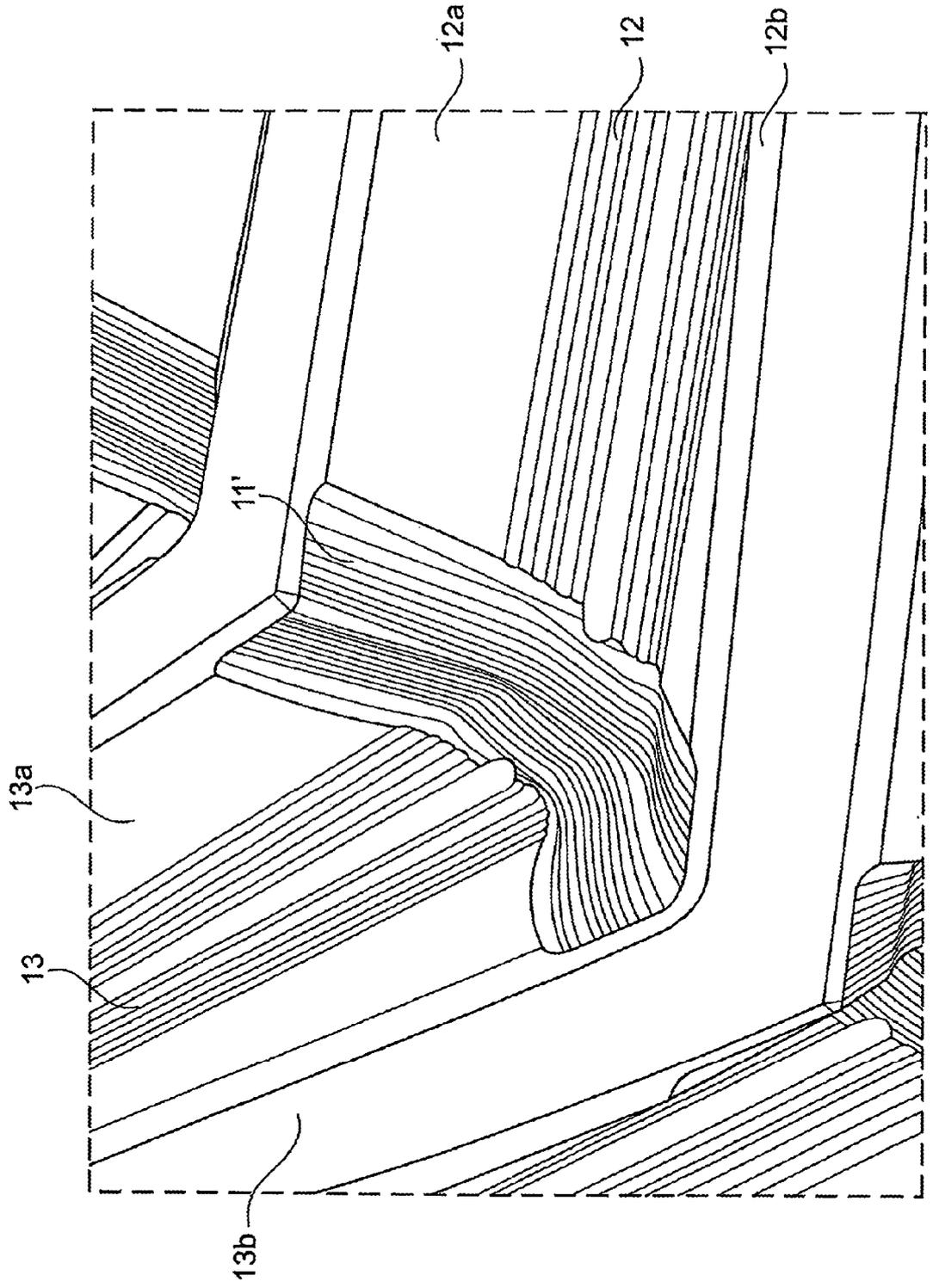


Fig. 4

Fig. 5



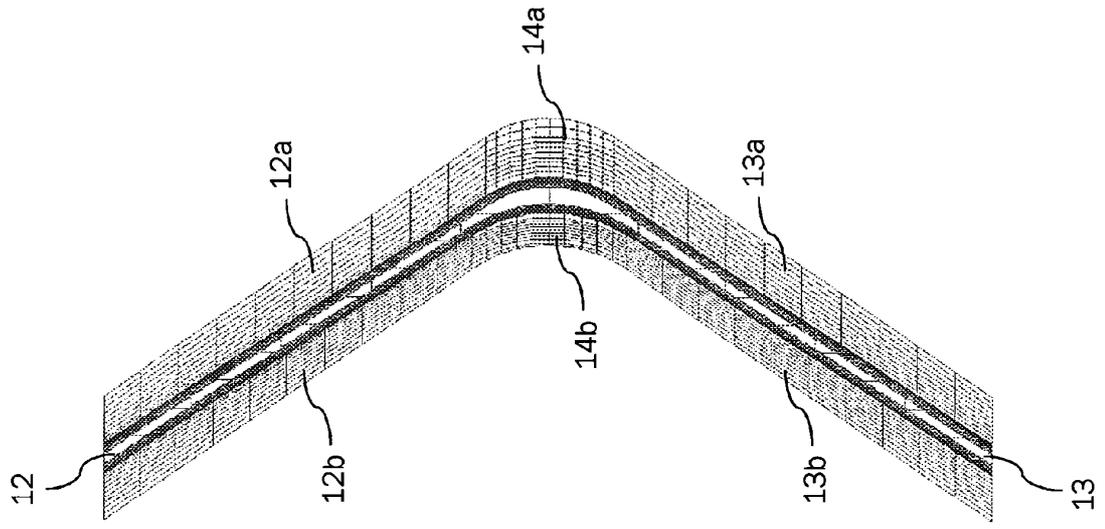


Fig. 6

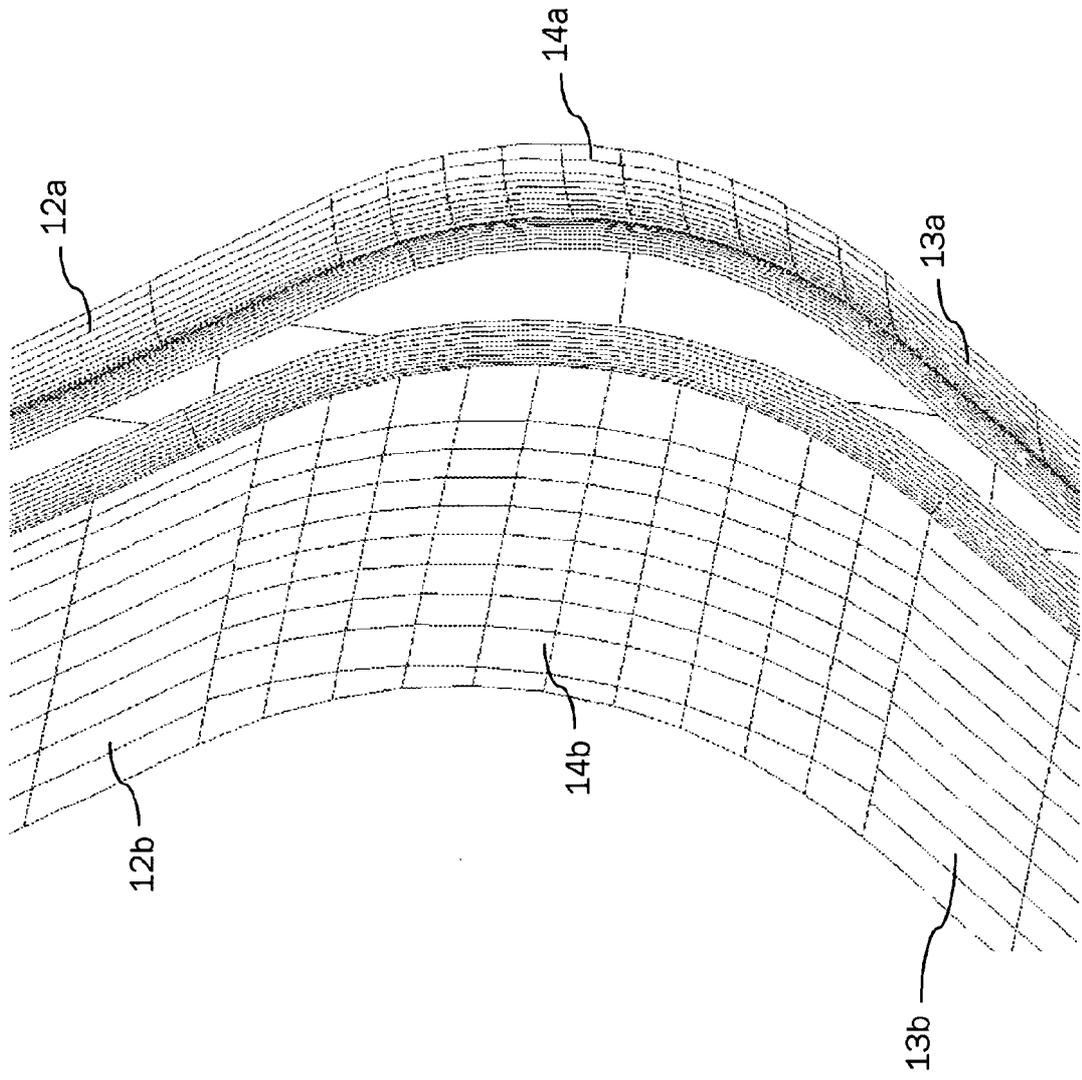


Fig. 7

Fig. 8

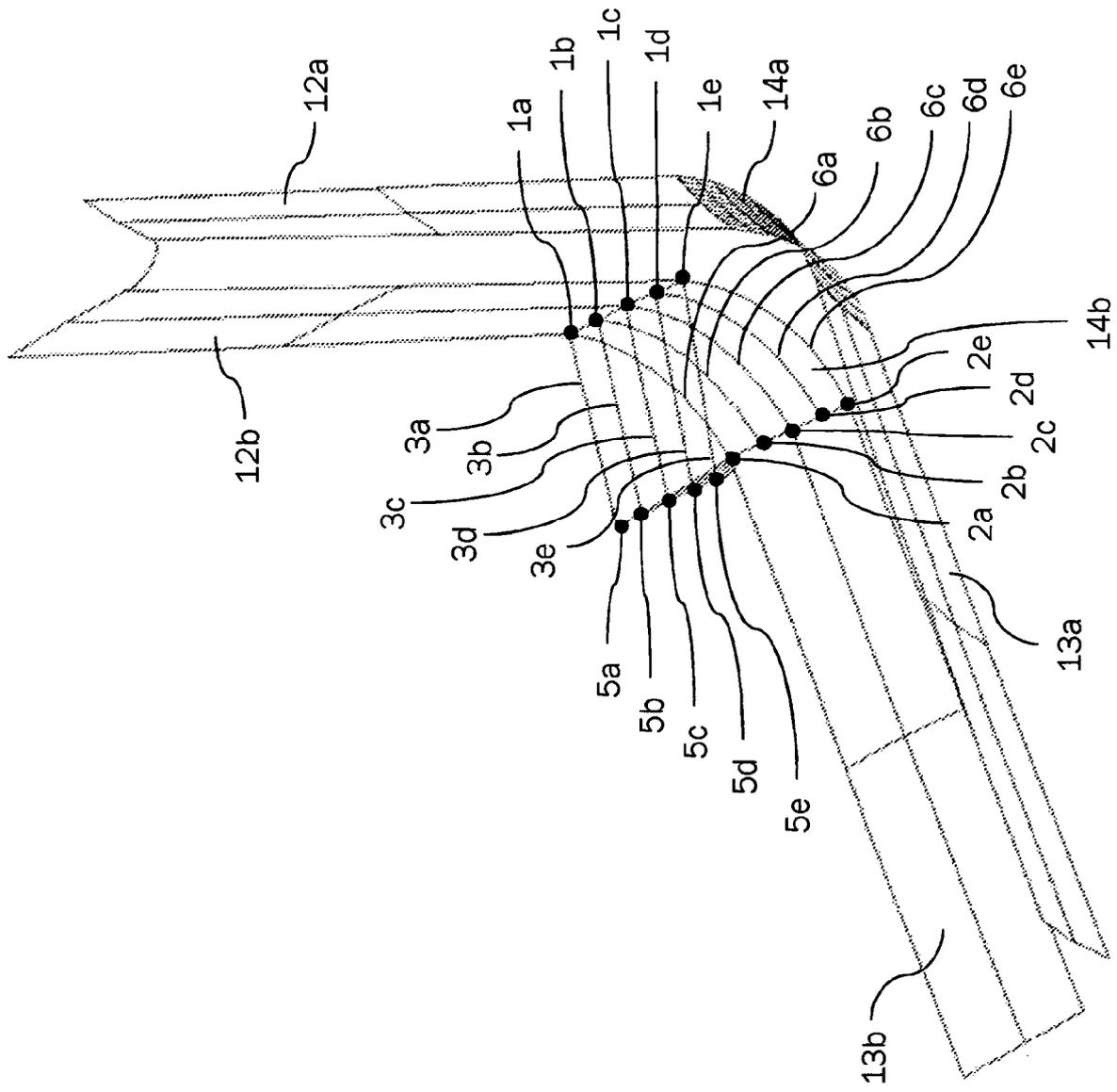


Fig. 9

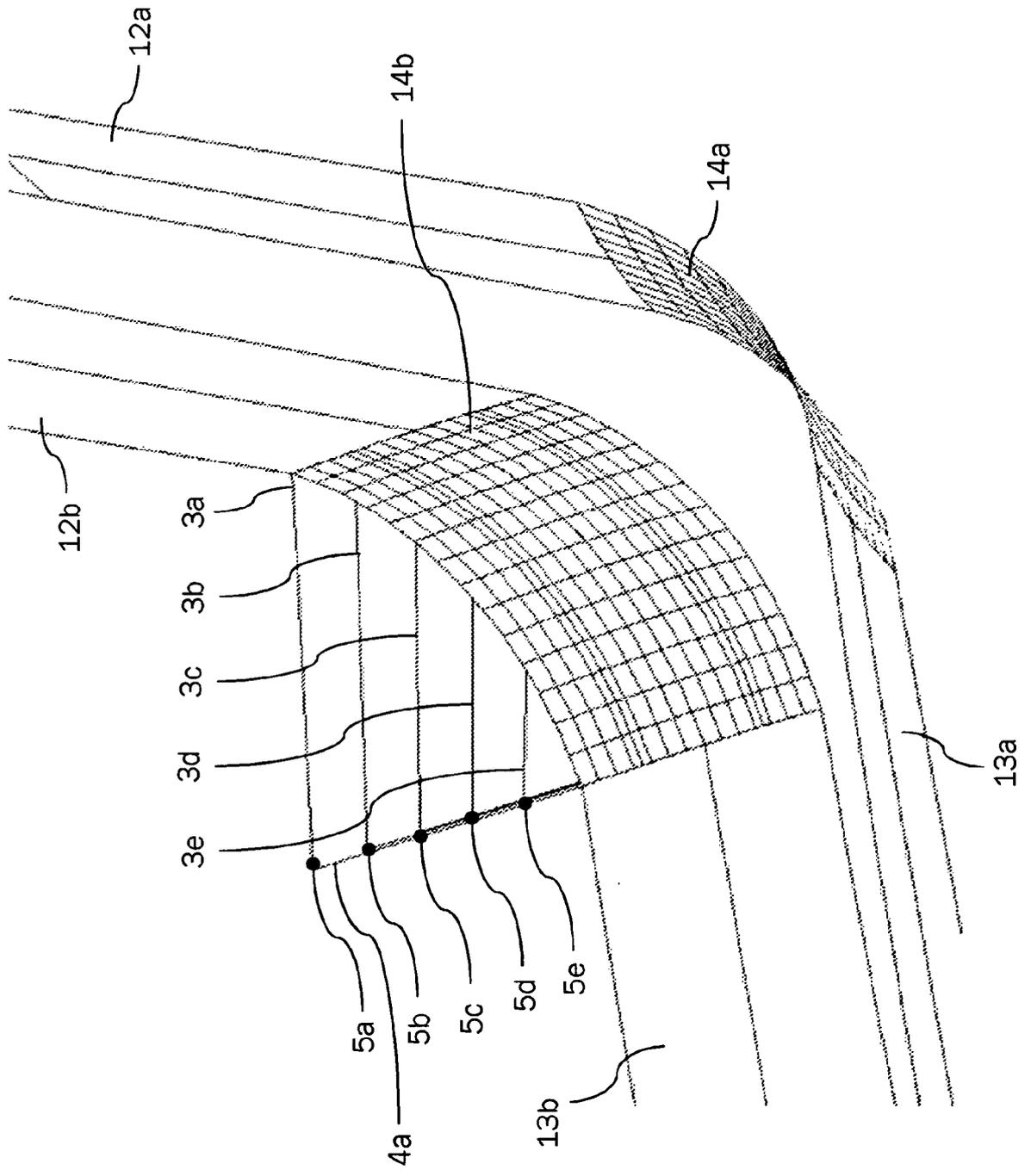


Fig. 10

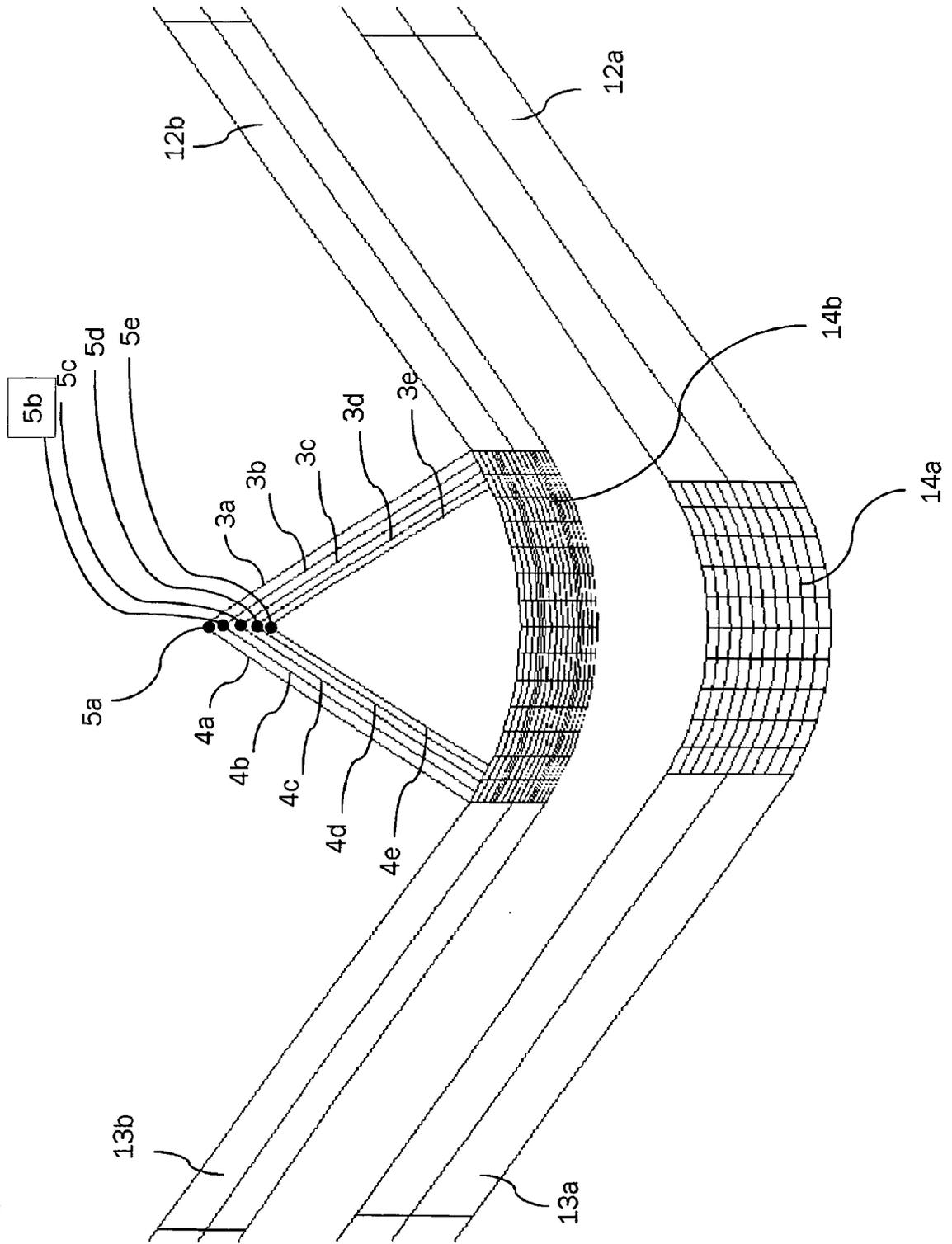
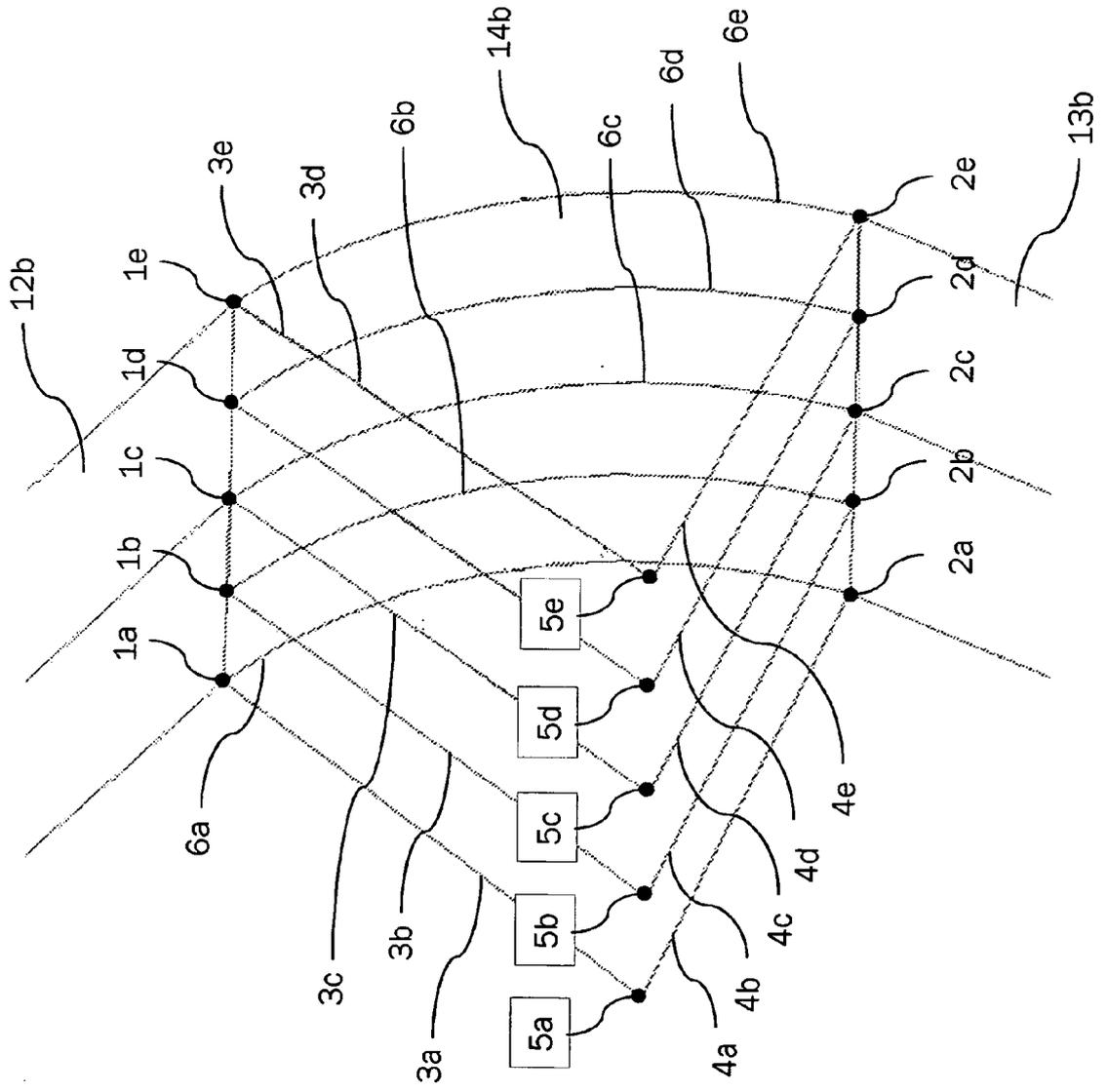


Fig. 11



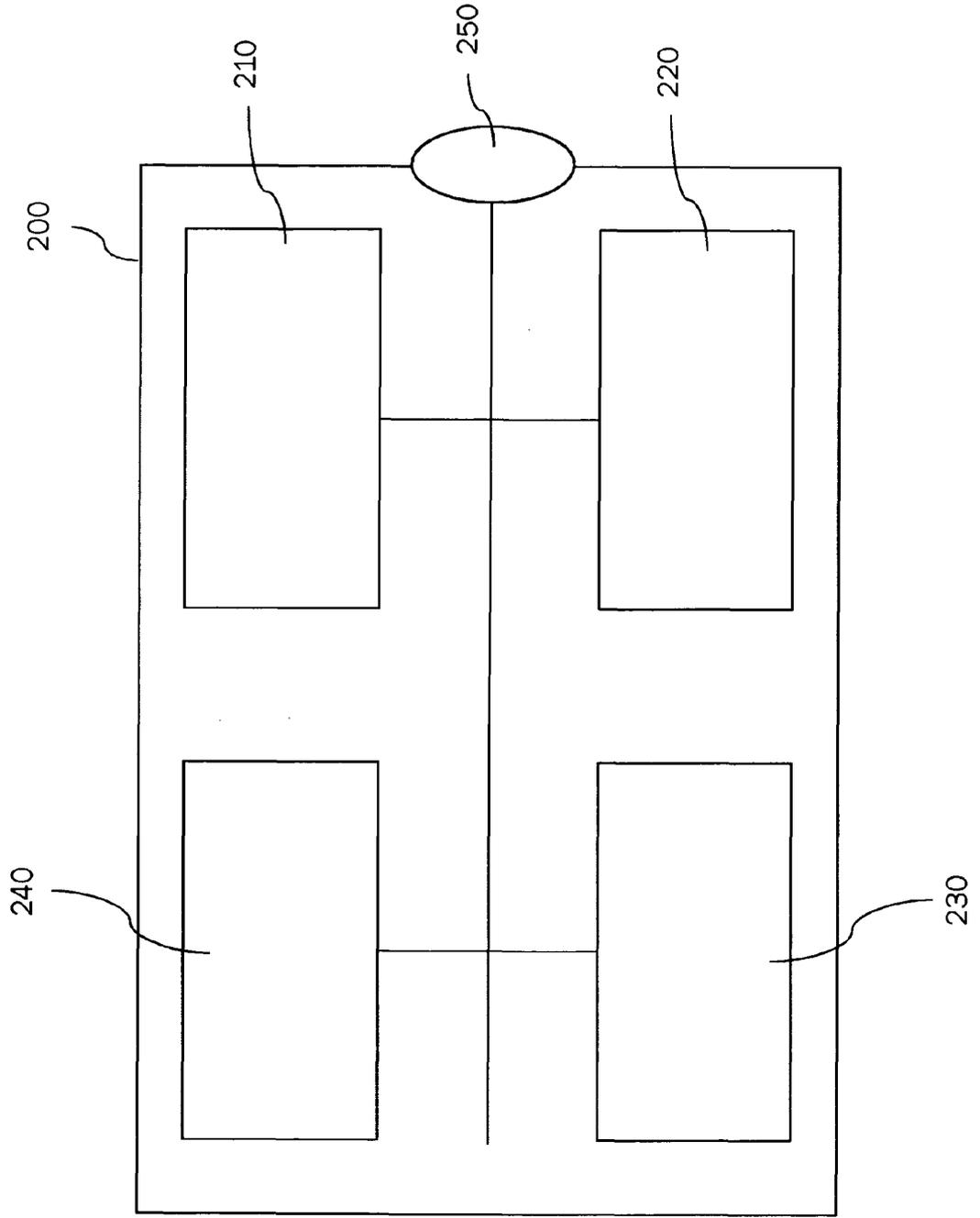


Fig. 12