

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 220**

51 Int. Cl.:

G05B 19/4093 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2010** **E 10153082 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014** **EP 2221693**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes**

30 Prioridad:

09.02.2009 DE 102009008124

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

NEUMAIER, JOSEF y
LOCHBIHLER, THOMAS

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 455 220 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 y dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta predefinida en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo fijada mediante desprendimiento de virutas.

10 En particular, la invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta de fresado en una máquina herramienta controlada por CNC que comprende al menos 5 ejes, en particular máquinas de fresado controladas por CNC, máquinas de fresado/torneadoras o máquinas torneadoras/fresadoras o un centro de mecanizado universal controlado por CNC que comprende al menos 5 ejes tal como, por ejemplo, una máquina herramienta universal de fresado y perforado, para el mecanizado de una pieza de trabajo fijada en la máquina herramienta desde una pieza sin mecanizar hasta una pieza terminada con una geometría de pieza terminada predefinida pretendida, en particular un mecanizado completo hasta dar la pieza terminada en la máquina herramienta, comprendiendo la pieza terminada predeterminada un cuerpo de base y al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base. En particular, esto se refiere a la producción o al conformado de piezas terminadas tales como, por ejemplo, ruedas dentadas, en particular ruedas cilíndricas de dientes rectos con dentado interno y/o externo y ruedas dentadas cónicas, agitadores de paletas o discos con paletas integradas (blisks). En general, esto se refiere a la fabricación de piezas de trabajo discrecionales con un cuerpo de base discrecional y al menos una sección de flanco que sobresale de esto hacia el exterior o el interior.

Antecedentes de la invención

25 Las máquinas herramienta controladas por CN y en particular controladas por CNC son bien conocidas en las más diversas realizaciones por el estado de la técnica. CNC (Control Numérico Computarizado) en este caso significa que la máquina herramienta controla numéricamente la guía de la herramienta, es decir, mediante un programa de CNC. La máquina herramienta está equipada con una herramienta que retira el material de la pieza de trabajo mediante desprendimiento de virutas. El control de la herramienta, en particular un movimiento y/o una orientación de la herramienta, se realiza mediante un dispositivo de control con ayuda de datos de control de CNC del programa de CNC. Además, los datos de control de CNC controlan, dado el caso, una orientación de la pieza de trabajo, por ejemplo, por rotación de una mesa portaherramienta de la máquina herramienta sobre la que está fijada la pieza de trabajo en la máquina herramienta. En total, un control mediante programas de CN o datos de control de CNC posibilita un mecanizado eficaz, flexible, preciso y reproducible a máquina de una pieza de trabajo fijada en la máquina herramienta mediante los datos de control de CNC.

40 En el estado actual de la técnica se crean o generan programas de CNC o datos de control de CNC mediante sistemas de CAM (CAM por Computer Aided Manufacturing, fabricación asistida por ordenador) de forma asistida por software. En este caso, un programa de CNC generado comprende los datos de control que controlan una herramienta introducida en relación con una pieza de trabajo fijada en la máquina herramienta a lo largo de una trayectoria generada de herramienta para retirar material de la pieza de trabajo al recorrer la trayectoria mediante la herramienta, por ejemplo, mediante fresado u otros procedimientos.

45 El cálculo numérico de la trayectoria se basa en este caso en variables geométricas y se orienta en la geometría de pieza terminada pretendida predefinida de la pieza de trabajo. Entonces, el material de la pieza de trabajo se retira en la máquina herramienta mediante los datos de control generados mediante recorrido de las trayectorias generadas o calculadas de la herramienta por una herramienta introducida trayectoria por trayectoria, hasta que se consiga el contorno de pieza terminada. Además, los datos de control también pueden comprender datos que dan instrucciones para un cambio de herramienta, realizándose por consiguiente, dado el caso durante el mecanizado de la pieza de trabajo, cambios automáticos de herramienta. Las actuales máquinas herramienta posibilitan además la mayoría de las veces efectuar un cambio de pieza de trabajo automático controlado por programa, en el que una primera pieza de trabajo después del mecanizado de la primera pieza de trabajo en un medio de sujeción de pieza de trabajo de la máquina herramienta se sustituye por una segunda pieza de trabajo para efectuar un mecanizado de la segunda pieza de trabajo.

60 Se pueden emplear de forma particularmente universal y flexible las máquinas herramienta controladas por CNC que comprenden al menos 5 ejes, que posibilitan mover la herramienta en 5 grados de libertad libremente a través del espacio para retirar material de la pieza de trabajo. En este caso, los 5 grados de libertad de movimiento comprenden los 3 grados de libertad de dirección en el espacio (más convencionalmente tres grados de libertad de dirección en el espacio controlables ortogonalmente, denominados en particular eje X, eje Y y eje Z) que se pueden controlar mediante al menos tres ejes lineales, y 2 grados de libertad de ángulo o de rotación que posibilitan una orientación discrecional de la herramienta. En este caso, los dos grados de libertad de ángulo o de rotación se pueden controlar mediante dos o varios ejes rotativos de la máquina herramienta. Las máquinas herramienta de CNC actuales con al menos 5 ejes posibilitan controlar simultáneamente los 5 grados de libertad, por lo que se posibilitan caminos de herramienta particularmente complejos y eficaces con respecto a una pieza de trabajo sujeta.

Además, por el estado de la técnica son conocidas máquinas herramienta de CNC que presentan al menos 6 ejes, en las que se pueden controlar simultáneamente al menos 3 ejes de traslación y al menos 3 ejes rotativos.

Las máquinas herramienta de CNC que se han descrito anteriormente se emplean universalmente en la construcción de moldes para fabricar piezas terminadas con geometría compleja de manera eficaz y precisa mediante mecanizado con desprendimiento de virutas. Esto comprende piezas terminadas con simetría de rotación tales como, por ejemplo, agitadores de paletas o discos con paletas integradas con elevadas exigencias al cumplimiento de una forma geométrica predefinida. Para la ingeniería mecánica, en particular por ejemplo en la construcción naval, en la técnica del medioambiente (por ejemplo, en caso de turbinas eólicas), en la navegación aérea y en la construcción de máquinas herramienta, además puede ser necesario facilitar engranajes con las más diversas potencias, para los que se tienen que fabricar ruedas dentadas, en particular ruedas cilíndricas de dientes rectos y ruedas dentadas cónicas, según diferentes exigencias a la calidad de la superficie, diagrama de contacto y comportamiento de rodadura. En este caso frecuentemente no se encuentra en primer plano de forma obligada el alcanzar un elevado número de piezas, sino más bien una elevada flexibilidad en relación con la diversidad de tipos, en particular en relación con geometrías individuales que comprenden geometrías complicadas de flancos, geometrías de flanco de diente o geometrías de pala.

Por el estado de la técnica para la fabricación de tales piezas terminadas con un cuerpo de base y al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base, en particular ruedas dentadas, tales como ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, discos con paletas integradas o agitadores de paletas, son conocidas máquinas herramienta especiales que están equipadas con herramientas especiales para fabricar perfiles dentados de ruedas dentadas, tales como ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas o perfiles de palas o álabes de agitadores de paletas o discos con paletas integradas en diferentes formas de realización.

En particular, por el estado de la técnica como máquinas especiales para la fabricación de un dentado de ruedas dentadas son conocidas máquinas de fresado por generación que son adecuadas para conformar en un proceso de fresado por rodadura con herramientas de fresado por generación un dentado sobre una pieza de trabajo. Tales máquinas de fresado por generación son, por ejemplo, adecuadas para fabricar ruedas cilíndricas de dientes rectos con un cuerpo de base cilíndrico y secciones de flanco dentadas que sobresalen de esto del dentado o ruedas dentadas cónicas con un cuerpo de base cónico y secciones de flancos dentadas que sobresalen de esto del dentado.

Tales máquinas especiales, en particular las máquinas de fresado por generación que se han descrito anteriormente, son de elevados costes en la adquisición y en el mantenimiento y la fabricación de perfiles de flancos individuales está limitada por la forma de las herramientas especiales, por ejemplo, la forma especial de cuchillas de las herramientas de fresado por generación de máquinas de fresado por generación, mediante la cual está predefinida ya una geometría dentada o de flanco que se puede conseguir o fabricar. Además, la fabricación de perfiles de flancos individuales en las máquinas especiales que se han descrito anteriormente está limitada por los limitados grados de libertad en el posible movimiento relativo entre la pieza de trabajo y la herramienta.

Además, para conseguir una elevada calidad de la superficie se requieren, dado el caso, mecanizados posteriores de las piezas de trabajo después del mecanizado en las máquinas especiales que se han descrito anteriormente, por ejemplo, en máquinas especiales adicionales de elevados costes.

Para resolver los problemas de las máquinas especiales que se han mencionado anteriormente, en particular de las máquinas de fresado por generación para la fabricación de ruedas dentadas, en particular de ruedas cilíndricas de dientes rectos o de ruedas dentadas cónicas, discos con paletas integradas o agitadores de paletas, es ventajoso fabricar tales ruedas dentadas, en particular ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, discos con paletas integradas o agitadores de paletas en una máquina herramienta controlada por CNC que comprende al menos 5 ejes.

Esto posibilita el empleo de herramientas convencionales para la producción de estas piezas terminadas, posibilitándose debido a la elevada flexibilidad y la gran zona de intervención de una máquina herramienta controlable en al menos 5 grados de libertad las más complejas geometrías, en particular los perfiles de flancos más complejos en ruedas dentadas, tales como ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, discos con paletas integradas o agitadores de paletas u otras piezas de trabajo.

Un procedimiento para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base y al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base mediante desprendimiento de virutas se describe 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 Carl Hanser Verlag, München, edición 2007, N° 4/28, en las páginas 28 □32, ISSN 0043-2792).

Este artículo que se ha mencionado anteriormente describe un procedimiento para la producción de ruedas dentadas con una máquina herramienta que comprende 5 ejes, en particular durante el funcionamiento de ensayo para la producción de un emparejamiento de ruedas dentadas cónicas con una calidad de la superficie con la calidad 6 según DIN 3965. En el procedimiento descrito se introducen en primer lugar todos los parámetros necesarios del dentado según la norma DIN. Esto se corresponde con parámetros de geometría de base de la geometría de pieza terminada de la pieza terminada. Para esto se pueden introducir, por ejemplo, también indicaciones cuantitativas acerca de un diagrama de contacto deseado con una forma de diente predeterminada o requerida u otras indicaciones en relación con una globosidad deseada en zonas individuales o a lo largo de todo el flanco de diente.

Estos parámetros de geometría de base se teclean en un terminal de ordenador y a continuación en el ordenador mediante cálculos matemáticos o numéricos se genera una descripción matemática de la geometría deseada del diente. Con ayuda de un sistema de CAD/CAM se genera a base del resultado de cálculo un programa de CN, según el cual la máquina herramienta de 5 ejes puede producir la pieza terminada deseada con herramientas convencionales, en particular, por ejemplo, una fresa de mango conocida. También se muestra un procedimiento similar, por ejemplo, en el documento WO 2008/133517 A1.

En los procedimientos que se han descrito anteriormente, la pieza terminada, en particular las superficies de flanco de los flancos se conforman mediante un proceso de fresado, por ejemplo, con una fresa de mango u otra herramienta fresadora con simetría de rotación en un proceso de fresado. Este proceso de fresado en primer lugar se simula matemáticamente en un ordenador y se aproxima (acerca) a la superficie o la superficie de flanco del dentado con ayuda de un sistema de CAD en el ordenador. En una aproximación de este tipo con un sistema de CAD, sin embargo, se producen desviaciones entre la superficie de flanco o la geometría de flanco de diente construida y la ideal dependiendo de la potencia del módulo de aproximación o, por ejemplo, también de una minuciosidad del usuario del sistema de CAD.

Sin embargo, los sistemas de CAD/CAM conocidos de alta calidad (por ejemplo, CATIA, UGS, EUKLID, Tebis, HyperMill) o sistemas de CAM especiales (por ejemplo, MAX-5, MAX-AB MAX-SI de Concepts NREC) ponen a disposición funciones para la generación de programas de control para herramientas de fresado con forma cilíndrica y convexa.

En este caso, precisamente para la producción de flancos de diente de ruedas dentadas, en particular de ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, las superficies de flancos se aproximan de tal manera que están preparadas para las máquinas herramienta especiales que se han mencionado anteriormente para la producción de ruedas dentadas o ruedas dentadas cónicas. En este caso, la superficie de un flanco de diente de la rueda dentada a producir o una pala de un agitador de paletas se describe mediante las denominadas curvas isoparamétricas (por ejemplo curvas U-V) que describen, matemáticamente, una estructura interna de la superficie o una forma geométrica de la superficie. En este caso, la ubicación de las curvas isoparamétricas entre sí y en relación con la ubicación de la forma de dentado pretendida depende en gran medida de una disposición de introducciones predefinidas para la descripción de una geometría de pieza terminada, en particular introducciones en el sistema de CAD. Según el estado de la técnica, un recorrido de las curvas isoparamétricas a lo largo de la superficie de flanco lateral predefinida de una forma de dentado pretendida no está dispuesto en hileras uniformes perpendicularmente con respecto al fondo de diente del dentado de la rueda dentada. De esta manera, las curvas isoparamétricas generadas no se orientan en el pie de los flancos de diente o un recorrido del fondo de diente.

Durante la creación o generación de las trayectorias de herramienta para el mecanizado de los flancos de diente o flancos de pala con uno de los sistemas de CAD/CAM conocidos por el estado de la técnica a base de la descripción matemática que se ha descrito anteriormente, generada mediante aproximación, de las superficies laterales o de flanco, la herramienta o una orientación de la herramienta se alinea en las curvas isoparamétricas de la superficies a recorrer mediante rodadura.

En este caso resulta el problema de que durante el recorrido de la trayectoria de herramienta por la herramienta se puede producir una irregular orientación de la herramienta o colocación de la herramienta con respecto a la superficie a tratar mediante el desprendimiento de virutas, que puede conducir a movimientos desventajosos de pivotado y movimientos inconstantes del eje rotativo de la máquina herramienta y a un movimiento inconstante consiguiente de la herramienta a lo largo de la trayectoria. Además, esto puede conducir a una posición oblicua desventajosa de la herramienta en relación con el recorrido de flanco o, dado el caso, en relación con una guía de herramienta de rodadura o a una variación de la posición oblicua de la herramienta en relación con una dirección de movimiento a lo largo de una trayectoria de herramienta a lo largo de la superficie a conformar del flanco. Además, una colocación irregular de la herramienta puede llevar a una situación desfavorable en cuanto a la técnica de desprendimiento de virutas que puede causar una calidad defectuosa de la superficie, defectos geométricos e incluso un desgaste posiblemente aumentado de la herramienta.

El documento DE 100 31441 A1 describe un procedimiento para el control de un movimiento de trabajo de una herramienta de fresado para el mecanizado de un álabe de turbina, girándose el bloque del material a partir del cual se ha de elaborar el álabe de turbina alrededor de un eje longitudinal del álabe de turbina y guiándose la herramienta de fresado en planos alrededor del álabe de turbina, que están orientados en perpendicular con respecto al eje

longitudinal del álabe de turbina.

Resumen de la invención

5 El objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento y un dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base y al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base mediante desprendimiento de virutas, que
10 estén optimizados con respecto a los procedimientos y dispositivos conocidos por el estado de la técnica y que eviten movimientos constantes del eje rotativo de la herramienta y un desgaste aumentado de la herramienta y que posibiliten una calidad óptima de la superficie sobre la superficie de la sección de flanco.

De acuerdo con la invención, este objetivo se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo con las características de la reivindicación 11. Además, la presente invención facilita
15 un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 12 que, junto con un equipo de procesamiento de datos, es adecuado para ejecutar un procedimiento de acuerdo con la invención.

Se describen configuraciones ventajosas y ejemplos de realización preferentes de la invención mediante las reivindicaciones dependientes.

20 La invención se refiere a un procedimiento para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base y al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base mediante desprendimiento de virutas, comprendiendo el procedimiento las etapas:

25 determinación de parámetros de geometría de base de una geometría de pieza terminada de la pieza terminada, correspondiéndose la geometría de pieza terminada con una geometría de la pieza terminada predeterminada, creación de datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada de la pieza terminada mediante los parámetros de geometría de base, indicando los datos de geometría de pieza terminada al menos una geometría de una al menos una superficie de la al menos una sección de flanco y
30 generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada, indicando los datos de trayectoria qué al menos una trayectoria de herramienta se tiene que recorrer a lo largo de la al menos una superficie de la sección de flanco por la herramienta con qué orientación de herramienta en relación con la pieza de trabajo para la retirada de material de la pieza de trabajo, correspondiéndose la orientación de herramienta de la herramienta con una orientación de un eje de rotación de la herramienta y rotando la herramienta para la retirada de material de la pieza de trabajo alrededor del eje de rotación de la herramienta.

El procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizado por que los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la geometría de la al menos una superficie de la sección de flanco comprenden datos de
40 posición de un grupo de puntos sobre la al menos una superficie de la sección de flanco, indicando los datos de posición una posición de los puntos del grupo de puntos, estando asignado cada punto del grupo de puntos a una columna de puntos y una fila de puntos, encontrándose todos los puntos de una columna de puntos en un plano común y encontrándose el plano común de los puntos de una columna de puntos de forma esencialmente perpendicular sobre un plano tangencial de la superficie de cubierta del cuerpo de base, preferentemente sobre el
45 plano tangencial en un punto común de la superficie de cubierta y el plano común, generándose los datos de trayectoria de tal manera que la al menos una trayectoria de herramienta tiene un recorrido esencialmente en paralelo con respecto a una curva que tiene un recorrido a través de los puntos de una primera fila de puntos y generándose los datos de trayectoria además de tal manera que el eje de rotación de la herramienta se orienta en cada uno de los puntos de la primera fila de puntos esencialmente en el plano común de la columna del respectivo
50 punto de la primera fila o encontrándose, dado el caso, preferentemente en el plano común.

Preferentemente, el eje de rotación de la herramienta se orienta en cada uno de los puntos de la primera fila de puntos encontrándose esencialmente en el plano común de la columna del respectivo punto de la primera línea.

55 Preferentemente, el punto común se encuentra sobre una curva-guía, teniendo la curva-guía un recorrido sobre la superficie de cubierta del cuerpo de base. En caso de piezas de trabajo que presentan un dentado, la curva-guía tiene un recorrido, en particular, preferentemente en el fondo de diente entre dos dientes.

Preferentemente, el plano común además se encuentra de forma esencialmente perpendicular sobre la curva-guía.

60 Preferentemente, el procedimiento se puede aplicar para la producción de una pieza terminada con un cuerpo de base con simetría de rotación, por ejemplo, ruedas dentadas, tales como ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, discos con paletas integradas o agitadores de paletas o de otra pieza de trabajo con un cuerpo de base discrecional y al menos una sección de flanco que sobresale del mismo hacia el interior o hacia el exterior.

De acuerdo con la invención, tal como se ha descrito anteriormente, una superficie a mecanizar o a conformar de la sección de flanco o de su geometría predeterminada se describe mediante datos de geometría de pieza terminada generados que describen la superficie o dicha área de la sección de flanco mediante datos de posición de puntos que se encuentran sobre la superficie. Los datos de geometría de pieza terminada comprenden, de acuerdo con la

5 invención, datos de posición de todos los puntos del grupo de puntos para describir la geometría de la al menos una superficie de la sección del flanco, pudiendo comprender los datos de posición al menos una posición en el espacio tridimensional con 3 valores de coordenadas para los 3 grados de libertad de traslación de la máquina herramienta de al menos cinco ejes o, al menos, pudiéndose transformar en los mismos.

10 De acuerdo con la invención, el grupo de puntos se divide en columnas de puntos y líneas de puntos, estando asignado cada punto del grupo de puntos en la al menos una superficie de la sección de flanco a una columna de puntos y/o una línea de puntos.

Además, los datos de trayectoria de acuerdo con la invención se generan de tal manera que la trayectoria descrita de la herramienta tiene un recorrido esencialmente en paralelo con respecto a una curva que tiene un recorrido a través de los puntos de una de las líneas de puntos del grupo de puntos. Esto posibilita calcular de forma sencilla un recorrido de una trayectoria de herramienta al calcularse la trayectoria de herramienta mediante una curva que tiene un recorrido a través de todos los puntos de una línea, indicándose los puntos de manera exacta mediante los datos de posición.

20 Además, la geometría de la al menos una superficie de la sección de flanco se describe mediante un grupo de puntos en el que una columna de puntos comprende respectivamente puntos que se encuentran todos en un plano común, que se encuentra de forma esencialmente perpendicular con respecto al cuerpo de base. Esto significa que el plano común de los puntos de una columna de puntos se encuentra esencialmente en perpendicular con respecto a una superficie de cubierta del cuerpo de base. Si el cuerpo de base se da por una superficie curvada o una superficie externa o lateral curvada, el plano común de los puntos de una columna de puntos, por tanto, se encuentra de forma esencialmente perpendicular con respecto a un plano tangencial imaginario con respecto a la superficie de cubierta curvada del cuerpo de base. En este caso, el cuerpo de base describe una geometría de un cuerpo, dado el caso, con simetría de rotación, por ejemplo, de un cono o cilindro o de otras formas geométricas con simetría de rotación. En este caso se señala que el cuerpo de base presenta una forma geométrica que se corresponde con la geometría de la pieza terminada con secciones de flanco ausentes (imaginadas ausentes). En caso de una rueda cilíndrica de dientes rectos, por tanto, el cuerpo de base se correspondería con una forma cilíndrica o una forma de cilindro hueco (dado el caso en una rueda cilíndrica de dientes rectos con dentado interno). En caso de una rueda dentada cónica, el cuerpo de base se correspondería con una forma cónica o una forma parcialmente cónica con simetría de rotación.

De acuerdo con la invención, además los datos de trayectoria se generan de tal manera que el eje de rotación de la herramienta se orienta en el plano común que se ha mencionado anteriormente de los puntos de una columna de puntos. En particular, el eje de rotación de la herramienta se orienta en cada uno de los puntos de una línea de puntos esencialmente en el plano común de la columna de este respectivo punto de la línea.

Esto da la ventaja de que el cálculo de trayectoria de una trayectoria de herramienta para la retirada de material de la pieza de trabajo para el conformado de al menos una superficie de la al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base se puede orientar, de forma sencilla y matemáticamente exacta, en un grupo de puntos sobre la al menos una superficie de la sección de flanco. La orientación de la herramienta durante el recorrido de una trayectoria generada, por tanto, no se orienta en curvas isoparamétricas posiblemente de ubicación oblicua o que se colocan de forma oblicua, sino mediante un plano que siempre se encuentra en perpendicular con respecto al cuerpo de base o se encuentra en perpendicular con respecto a la superficie externa del cuerpo de base o al menos en perpendicular con respecto a un plano tangencial del cuerpo de base.

Por ello se evitan de forma eficaz posiciones oblicuas innecesarias o variaciones de posiciones oblicuas de la herramienta, de tal manera que se pueden evitar movimientos inconstantes de eje rotativo en la máquina herramienta.

Además, esto posibilita reducir mediante la evitación de posiciones oblicuas de la herramienta una zona de mecanizado o zona de intervención en la herramienta y reducir, por tanto, el desgaste de la herramienta. Como otras ventajas resultan un conformado mejorado y más exacto del diagrama de contacto de la superficie o de la al menos un área de la al menos una sección de flanco. Un conformado más exacto del diagrama de contacto posibilita, por ejemplo, además una producción de una rueda dentada o de un par de ruedas dentadas con comportamiento optimizado de rodadura, de tal manera que, por ejemplo, adicionalmente se puede reducir ventajosamente una formación de ruidos durante la rodadura.

Como parámetros de geometría de base son adecuados, por ejemplo, uno o varios parámetros del grupo de parámetros no a comprender como limitante: forma del cuerpo de base, radio o perímetro del cuerpo de base, altura del cuerpo de base, forma de la sección de flanco sobresaliente, cantidad de las secciones de flanco sobresalientes, altura de la o de las secciones de flanco sobresalientes o extensión longitudinal de la o de las secciones de flanco

sobresalientes, dado el caso en relación con una extensión radial del cuerpo de base.

Preferentemente, la pieza terminada predeterminada que se produce o mecaniza en el procedimiento es una rueda dentada, en particular una rueda dentada cónica o una rueda cilíndrica de dientes rectos, un piñón, un disco con paletas integradas o un agitador de paletas u otra pieza de trabajo con un cuerpo de base discrecional y al menos una sección de flanco que sobresale del mismo hacia el interior o hacia el exterior, siendo la al menos una sección de flanco un flanco de diente de la rueda dentada, un flanco de diente del piñón o un flanco de pala del agitador de paletas o del disco con paletas integradas.

Esto tiene la ventaja de que se puede aplicar el procedimiento, en particular, para la fabricación de ruedas dentadas, ruedas dentadas cónicas, ruedas cilíndricas de dientes rectos, piñones, discos con paletas integradas o agitadores de paletas, siendo el procedimiento además adecuado para fabricar, ventajosamente, todas las geometrías habituales, complejas y, dado el caso, que no se pueden producir en procedimientos convencionales. Esto comprende en particular en ruedas dentadas, ruedas cilíndricas de dientes rectos, ruedas dentadas cónicas y piñones todas las formas conocidas de dentado y extensiones de dentado, por ejemplo, la posibilidad de un dentado evolvente, dentado cicloidal o dentado concoidal u otros tipos de dentado con superficies de flanco de diente que se corresponden, por ejemplo, con una superficie de forma libre con curvatura en un lado o en todos los lados convexa o cóncava. En dirección longitudinal del dentado, el procedimiento posibilita todos los tipos habituales de un dentado, en particular dentado recto, dentado arqueado, dentado aflechado, dentado oblicuo, dentado espiral o dentado evolvente u otros tipos posibles de dentado.

Preferentemente, la máquina herramienta es una máquina fresadora, máquina fresadora/torneadora o máquina torneadora/fresadora, siendo la herramienta con simetría de rotación una fresa de mango, fresa esférica, fresa toroidal, fresa de barril u otra herramienta con simetría de rotación.

Esto tiene la ventaja de que el procedimiento se puede aplicar en una máquina fresadora con herramientas convencionales habituales con simetría de rotación, tales como fresas de mango, fresas esféricas, fresas toroidales, fresa de barril u otras herramientas habituales con simetría de rotación.

Preferentemente, la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco es una superficie curvada al menos en un lado de forma convexa y/o cóncava o una superficie de forma libre curvada discrecionalmente.

Esto posibilita conformar en el procedimiento de acuerdo con la invención superficies curvadas al menos en un lado de forma convexa y/o cóncava, pero en particular también superficies de forma libre con curvatura independiente en todos los lados convexa y/o cóncava o incluso formas de curvatura discrecionales.

Preferentemente, los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la geometría de la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco además para al menos un primer punto del grupo de puntos comprenden datos de normal, indicando los datos de normal al menos una dirección o al menos orientación de un vector normal de la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco en el primer punto, generándose los datos de trayectoria además preferentemente de tal manera que el eje de rotación de la herramienta en el primer punto es esencialmente perpendicular con respecto al vector normal en el primer punto.

Esto tiene la ventaja de que se puede calcular el cálculo de la trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada de forma particularmente sencilla y exacta mediante los datos de posición de puntos de un grupo de puntos sobre la al menos una superficie de la sección de flanco y datos de normal. Una orientación o una orientación ventajosa de la herramienta se puede orientar exactamente en un punto del grupo de puntos en una dirección del vector normal en este punto, de tal manera que se puede efectuar una colocación perpendicular exacta de la herramienta en la superficie o la geometría de superficie predeterminada. Esto posibilita un cálculo de trayectoria exacto de forma particularmente sencilla, orientándose los al menos 3 grados de libertad de traslación en la máquina herramienta en los datos de posición de los puntos del grupo de puntos y describiéndose los 2 grados de libertad de la orientación de herramienta o de la colocación del eje de rotación de la herramienta mediante datos de normal en los puntos y pudiéndose orientar en los datos de normal de un vector normal en uno de los puntos y el plano común de los puntos de una columna de puntos.

Preferentemente, el vector normal de la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco en el primer punto está alineado de tal manera que se encuentra en el plano común de los puntos de la columna a la que está asignado el primer punto.

Esto significa que el grupo de puntos describe ventajosamente la al menos una superficie de la sección de flanco de tal manera que una columna de puntos se dispone precisamente de tal manera que al menos un vector normal en uno de los puntos de la columna se encuentra en el plano común de la columna de puntos que se encuentra, a su vez, en perpendicular con respecto al cuerpo de base con simetría de rotación. De este modo se orienta ventajosamente una orientación de la herramienta de forma sencilla y matemáticamente exacta en un plano que se encuentra en perpendicular con respecto al cuerpo de base con simetría de rotación.

Preferentemente, los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la geometría de la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco además comprenden datos de normal para cada uno de los puntos de una primera columna del grupo de los puntos, estando asignado el primer punto preferentemente a la primera columna, de tal manera que los datos de normal indican además una dirección u orientación del respectivo vector normal de la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco en cada punto de la primera columna, encontrándose los vectores normales preferentemente en los puntos de la primera columna respectivamente en el plano común de los puntos de la primera columna.

Esto posibilita que los datos de geometría de pieza terminada indiquen la geometría de la al menos una superficie en la medida de lo posible de forma matemáticamente exacta mediante la indicación de datos de posición del grupo de puntos y los datos de normal pertenecientes a esto con respecto a los vectores normales de la superficie en cada uno de los puntos, por lo que en cada punto se pueden indicar de forma matemáticamente exacta la posición y orientación de la superficie y se puede llevar a cabo un cálculo de la trayectoria lo más exactamente posible en los datos de posición y los datos de normal de los puntos.

Preferentemente, los datos de trayectoria indican una pluralidad de trayectorias de herramienta a lo largo de la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco, estando asignado preferentemente a cada una de las columnas del grupo de puntos el mismo número de puntos y teniendo un recorrido preferentemente cada una de la pluralidad de trayectorias de herramienta respectivamente esencialmente en paralelo con respecto a una de las líneas de puntos.

Esto tiene la ventaja de que cada columna del grupo de puntos tiene el mismo número de puntos y, por tanto, cada punto se puede asignar a una y exactamente una línea, no presentando las líneas solapamientos y pudiéndose generar ventajosamente de forma sencilla de manera matemáticamente exacta trayectorias de herramienta respectivamente a lo largo de una de las líneas de puntos. Mediante el recorrido de la pluralidad de trayectorias de herramienta, el procedimiento posibilita conformar una superficie en forma discrecional con curvatura curvada en un lado o por todos los lados convexa o cóncava, mediante una herramienta convencional a lo largo de una pluralidad de trayectorias de herramienta. Además, la pluralidad de trayectorias de herramienta se pueden generar o calcular de forma matemáticamente exacta de manera sencilla, ya que cada una de las trayectorias de herramienta tiene respectivamente un recorrido esencialmente en paralelo con respecto a una de las líneas de puntos, no presentando solapamientos las líneas de puntos.

Preferentemente, el procedimiento comprende además una etapa del procedimiento establecimiento de uno o varios valores límite de densidad de puntos para el grupo de puntos sobre la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco, generándose en la etapa determinación de datos de geometría de pieza terminada preferentemente los datos de geometría de pieza terminada de tal manera que la separación mínima y/o promedio entre puntos adyacentes de una línea del grupo de puntos y/o puntos adyacentes de una columna del grupo de puntos respectivamente no pasa por debajo de al menos uno de los uno o varios valores límite de densidad de puntos establecido y/o la separación máxima y/o promedio entre puntos adyacentes de una línea del grupo de puntos y/o puntos adyacentes de una columna del grupo de puntos respectivamente no supera al menos uno de los uno o varios valores límite de densidad de puntos establecidos.

Esto tiene la ventaja de que se pueden introducir parámetros mediante los cuales se puede determinar una densidad del grupo de puntos al poderse indicar valores límite de densidad de puntos que indican valores límite para separaciones entre dos puntos adyacentes en una columna y/o una línea de puntos. Esto comprende, por ejemplo, uno o varios de los parámetros del siguiente grupo: un primer valor límite de densidad de puntos como valor máximo de una separación entre dos puntos adyacentes de una línea, un segundo valor límite de densidad de puntos como valor mínimo para la separación entre dos puntos adyacentes de una línea, un tercer valor límite de densidad de puntos para el máximo valor promedio de la separación entre dos puntos adyacentes de una línea, un cuarto valor límite de densidad de puntos como valor mínimo para el promedio de la separación entre dos puntos adyacentes de una línea y, correspondientemente, quintos a octavos valores límite de densidad de puntos como valor máximo, valor mínimo, valor promedio máximo y valor promedio mínimo de la separación entre dos puntos adyacentes de una columna. Esto posibilita el ajuste de una densidad de puntos lo más individual y ventajosa posible durante la generación de los datos de geometría de pieza terminada de manera correspondiente a una calidad deseada de superficie y/o una precisión durante el cálculo de los datos de trayectoria de la una o varias trayectorias de herramienta.

Preferentemente, la herramienta es una herramienta que comprende un radio de arista, preferentemente una fresa de mango que comprende un radio de arista, generándose los datos de trayectoria preferentemente de tal manera que se forma una zona de transición redondeada entre la al menos una sección de flanco y el cuerpo de base de la pieza de trabajo al recorrer la al menos una trayectoria de herramienta mediante los datos de trayectoria de manera correspondiente al radio de arista, generándose los datos de trayectoria en particular preferentemente de tal manera que adicionalmente a la zona de transición redondeada al recorrer la trayectoria de herramienta mediante los datos de trayectoria se configura una sección tangencial entre la zona de transición redondeada y una zona de flanco con actividad de dentado de la superficie de la sección de flanco de diente.

Esto tiene la ventaja de que al mecanizar una trayectoria en el pie de la sección de flanco en la zona de transición entre la sección de flanco y el cuerpo de base se puede formar al mismo tiempo una superficie de la sección de flanco y una zona de transición redonda correspondiente al radio de arista de la fresa de mango entre la sección de flanco y el cuerpo de base. De este modo, ventajosamente se propone un procedimiento en el que con una

- 5 herramienta convencional, por ejemplo, una fresa de mango que comprende un radio de arista, sin cambio de herramienta se puede conformar una superficie de la al menos una sección de flanco y se puede conformar simultáneamente, al recorrer la trayectoria, adicionalmente la zona de transición entre el cuerpo de base y la sección de flanco de forma redondeada.
- 10 Esto posibilita además durante la producción de una pieza terminada con varias secciones de flanco formar una separación mínima entre dos secciones de flanco, una separación entre las secciones de flanco de manera correspondiente a un diámetro de una herramienta convencional. En este caso, las piezas terminadas que se pueden producir y que se pueden mecanizar en relación con las proporciones de tamaño realizables están limitadas solo por el dimensionado de las herramientas convencionales y por lo demás presentan una flexibilidad
- 15 particularmente ventajosa en las formas de geometría conformables.

La expresión sección de flanco de diente con actividad de dentado en este caso se refiere, en esencial, a la sección de la superficie de una sección de flanco que presenta la curvatura correspondiente a la forma de dentado. Esto se corresponde esencialmente con la superficie que se pone en contacto, con dentado y contradentado o flanco

20 contraflanco que ruedan uno contra otro, con un contraflanco correspondiente, dado el caso incluyendo una prolongación de la forma de dentado curvada para la configuración de una zona de seguridad. La sección tangencial elaborada adicionalmente en el lado inferior preferentemente se transforma directamente y de forma esencialmente tangencial en la zona de transición redondeada y en el lado superior preferentemente de forma directa y de manera esencialmente tangencial en la sección de flanco de diente con actividad de dentado. En este caso, una fresa de

25 mango se coloca preferentemente en el punto más bajo de la sección de flanco de diente con actividad de dentado de manera esencialmente tangencial contra la sección de flanco de diente con actividad de dentado para conformar o elaborar la sección tangencial así como la zona redondeada simultáneamente durante el recorrido de la línea o trayectoria más profunda calculada de manera orientada en la curva-guía. La altura de la sección tangencial, es decir, la separación entre la zona de transición redondeada y la sección de flanco de diente con actividad de

30 dentado, en este caso se puede seleccionar o ajustar libremente como especificación para el cálculo de la trayectoria.

La sección tangencial se puede elaborar junto con la zona redondeada mediante el recorrido de solo una trayectoria de herramienta con la fresa de mango ventajosamente de forma rápida y eficaz. Además, un perfil de este tipo del fondo de diente, en el que todas las formas y secciones se transforman unas en otras tangencialmente, tiene un efecto sorprendentemente ventajoso sobre la resistencia del dentado fabricado.

Ventajosamente, la herramienta además presenta una extensión longitudinal a lo largo del eje de rotación de la herramienta, generándose los datos de trayectoria además ventajosamente de tal manera que la herramienta

40 durante un recorrido de una primera trayectoria de herramienta de una pluralidad de trayectorias de herramienta de forma orientada en una primera línea de puntos en comparación con un recorrido de una segunda trayectoria de herramienta de la pluralidad de trayectorias de herramienta de forma orientada en la segunda línea de puntos, la herramienta está desplazada y/o rotada en relación con la respectiva línea de puntos esencialmente en dirección del eje de rotación de la herramienta, de tal manera que durante la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo

45 de la segunda trayectoria de herramienta, una zona de fresado, una curva de corte o una línea de corte sobre la superficie perimetral de la herramienta en comparación con la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo de la primera trayectoria de herramienta está desplazada esencialmente en dirección del eje de rotación de la herramienta.

Preferentemente, para esto se desplaza una herramienta esencialmente cilíndrica esencialmente en paralelo con respecto al eje de rotación. Preferentemente, para esto se desplaza una herramienta esencialmente cónica esencialmente en paralelo con respecto a un plano tangencial de la superficie a mecanizar de la pieza de trabajo. Para esto, dado el caso también se rota el eje de rotación de la herramienta.

Esto tiene la ventaja de que se puede continuar reduciendo un desgaste de herramienta de la herramienta al estar desplazada durante el recorrido de distintas trayectorias de herramienta de una pluralidad de trayectorias de herramienta respectivamente una colocación de la herramienta en relación con la orientación de forma correspondiente al eje de rotación predefinido en dirección del eje de rotación, de tal manera que una zona de intervención o zona de fresado de la herramienta en un lado perimetral de la herramienta o una línea de corte de la

60 herramienta durante el recorrido de una primera trayectoria de herramienta está desplazada en comparación con el recorrido de una segunda trayectoria de herramienta y se usa, respectivamente, una zona de intervención distinta o desplazada de la herramienta.

Por tanto, mediante variación de la zona de trabajo de la herramienta en el lado perimetral de la herramienta rotatoria se puede reducir un desgaste de la herramienta, ya que una zona de intervención por trayectoria de herramienta y el desgaste de cuchilla consiguiente se distribuye a lo largo de la superficie perimetral de la

herramienta o se distribuye a otras zonas a lo largo de la cuchilla de la herramienta.

Esto da la ventaja de que se puede conseguir un periodo en servicio de la herramienta sustancialmente mayor con las consecuencias de menores costes de herramienta y reducción de tiempos improductivos, por ejemplo, tiempos de un cambio requerido de la herramienta así como una mejor calidad de la superficie debida al menor desgaste y además menores defectos de la geometría en la superficie de la pieza de trabajo. Además, la reducción de la necesidad de un cambio de herramienta para evitar posibles defectos debidos al cambio de herramienta a causa de un comportamiento erróneo humano durante el cambio de la herramienta, por ejemplo, mediante cambio de una herramienta de sustitución errónea o errores en la introducción en la definición de los parámetros de herramienta de la herramienta recién sustituida.

El desplazamiento que se ha mencionado anteriormente de la zona de intervención de la herramienta a lo largo del eje de rotación de la herramienta también se puede emplear independientemente de las características que se han descrito anteriormente para resolver el objetivo de la presente invención, concretamente para facilitar en comparación con el estado de la técnica un procedimiento en el que se posibilita una mejor calidad de la superficie, menores errores de geometría y un desgaste reducido de la herramienta.

Por tanto, de acuerdo con la invención como alternativa se propone un procedimiento para la creación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada a partir de la pieza de trabajo mediante desprendimiento de virutas por rodadura, comprendiendo el procedimiento las etapas:

creación de datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada de la pieza terminada, indicando los datos de geometría de pieza terminada una geometría de la pieza terminada y generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada, indicando los datos de trayectoria qué de las al menos dos trayectorias de herramienta se ha de recorrer por la herramienta respectivamente con qué orientación de herramienta en relación con la pieza de trabajo para la retirada de material de la pieza de trabajo, correspondiéndose la orientación de herramienta de la herramienta con una orientación de un eje de rotación de la herramienta y rotando la herramienta para la retirada de material de la pieza de trabajo alrededor del eje de rotación de la herramienta y presentando una extensión longitudinal a lo largo del eje de rotación de la herramienta.

En este caso, el procedimiento de acuerdo con la invención está **caracterizado por que** los datos de trayectoria además se generan de tal manera que la herramienta durante el recorrido de una primera trayectoria de herramienta de las dos trayectorias de herramienta en comparación con el recorrido de una segunda trayectoria de herramienta de las dos trayectorias de herramienta está desplazada y/o rotada relativamente en esencia en dirección al eje de rotación de la herramienta, de tal manera que al retirar material de la pieza de trabajo a lo largo de la segunda trayectoria de herramienta, una zona de fresado, una curva de corte o una línea de corte sobre la superficie perimetral de la herramienta en comparación con la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo de la primera trayectoria de herramienta está desplazada esencialmente en dirección del eje de rotación de la herramienta.

Esto ofrece la ventaja de que se pueden resolver los problemas que se han mencionado anteriormente del estado de la técnica durante el recorrido de varias trayectorias de herramienta en un proceso de mecanizado, en particular en un avance de herramienta esencialmente en perpendicular con respecto al eje de rotación de la herramienta o al menos de forma oblicua con respecto al eje de rotación de la herramienta. El procedimiento posibilita una reducción del desgaste de la herramienta, una mejora consiguiente de la calidad que se puede alcanzar de la superficie y una posibilidad consiguiente de una facilitación de un diagrama de contacto óptimo. Este procedimiento se puede combinar con formas de realización preferidas del procedimiento alternativo, es decir, las características de las reivindicaciones dependientes o las características que se han mencionado anteriormente.

Preferentemente, en este caso la máquina herramienta es una máquina fresadora, máquina torneadora/fresadora o máquina fresadora/torneadora y la herramienta con simetría de rotación preferentemente una herramienta de fresado u otra herramienta con simetría de rotación, en particular con geometría de simetría de rotación cilíndrica o cónica. Esto pueden ser, por ejemplo, herramientas convencionales con simetría de rotación tales como, por ejemplo, fresas de mango, fresas de barril, fresas toroidales, fresas esféricas u otras fresadoras convencionales con simetría de rotación.

Además, la presente invención facilita respectivamente dispositivos que son adecuados para llevar a cabo uno de los procedimientos que se han mencionado anteriormente. Esto es, en particular, un dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base y al menos una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base mediante desprendimiento de virutas con:

un medio de determinación de parámetros de geometría para establecer o determinar parámetros de geometría de base de una geometría de pieza terminada de la pieza terminada, correspondiéndose la geometría de pieza terminada con una geometría de la pieza terminada predeterminada,

un medio de generación de datos de geometría de pieza terminada para la determinación o la generación de datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada de la pieza terminada mediante los parámetros de geometría de base, indicando los datos de geometría de pieza terminada al menos una geometría de al menos una superficie de la al menos una sección de flanco y

un medio de generación de datos de trayectoria para la generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada, indicando los datos de trayectoria qué al menos una trayectoria de herramienta tiene que recorrer la herramienta a lo largo de la al menos una superficie de la sección de flanco con qué orientación de herramienta en relación con la pieza de trabajo para la retirada de material de la pieza de trabajo, rotando la herramienta para la retirada de material de la pieza de trabajo alrededor de un eje de rotación de la herramienta.

De acuerdo con la invención, el dispositivo para la generación de datos de control está **caracterizado por que** los datos de geometría de pieza terminada para indicar la geometría de la al menos una superficie de la sección de flanco comprenden datos de posición de un grupo de puntos sobre la al menos una superficie de la sección de flanco, indicando los datos de posición una posición de los puntos del grupo de puntos, estando asignado cada punto del grupo de puntos a una columna de puntos y una línea de puntos y encontrándose todos los puntos de una columna de puntos en un plano común, encontrándose el plano común de los puntos de una columna de puntos de forma esencialmente perpendicular sobre un plano tangencial de la superficie de cubierta del cuerpo de base, generándose los datos de trayectoria de tal manera que la al menos una trayectoria de herramienta tiene un recorrido esencialmente en paralelo con respecto a una curva que tiene un recorrido a través de los puntos de una primera línea de puntos y generándose además los datos de trayectoria de tal manera que el eje de rotación de la herramienta se orienta en cada uno de los puntos de la primera línea de puntos esencialmente en el plano común de la columna del respectivo punto de la primera línea.

Como alternativa se facilita de acuerdo con la invención un dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada a partir de la pieza de trabajo mediante desprendimiento de virutas con:

un medio de generación de datos de geometría de pieza terminada para la determinación de datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada de la pieza terminada, indicando los datos de geometría de pieza terminada una geometría de la pieza terminada,

un medio de generación de datos de trayectoria para la generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada, indicando los datos de trayectoria qué de las al menos dos trayectorias de herramienta ha de recorrer la herramienta a lo largo de la al menos una superficie de la sección de flanco respectivamente con qué orientación de herramienta en relación con la pieza de trabajo para la retirada de material de la pieza de trabajo, rotando la herramienta para la retirada de material de la pieza de trabajo alrededor de un eje de rotación de la herramienta y presentando una extensión longitudinal a lo largo del eje de rotación de la herramienta.

El dispositivo para la generación de datos de control está **caracterizado por que** los datos de trayectoria además se generan de tal manera que la herramienta durante el recorrido de la primera trayectoria de herramienta de las dos trayectorias de herramienta en comparación con el recorrido de una segunda trayectoria de herramienta de las dos trayectorias de herramienta está desplazada y/o rotada relativamente en esencia en dirección del eje de rotación de la herramienta, de tal manera que durante la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo de la segunda trayectoria de herramienta, una zona de fresado o una línea de corte sobre la superficie perimetral de la herramienta en comparación con la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo de la primera trayectoria de herramienta está desplazada esencialmente en dirección al eje de rotación de la herramienta.

Los dispositivos que se han mencionado anteriormente son adecuados para realizar uno o varios de los procedimientos que se han mencionado anteriormente con una o varias de las características preferidas que se han descrito anteriormente. Para esto, los dispositivos para la generación de datos de control comprenden preferentemente además un medio de determinación de valor límite de densidad de puntos para la determinación de valores límite de densidad de puntos para la indicación de valores límite para la separaciones entre dos puntos adyacentes de una línea y/o una columna de puntos del grupo de puntos sobre la al menos una superficie de la al menos una sección de flanco.

Además, la presente invención facilita un 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 secuencia de estados que se corresponde con órdenes que están preparadas para ser procesadas por un medio de procesamiento de datos de un equipo de procesamiento de datos, de tal manera que el equipo de procesamiento de datos junto con el producto de programa informático es adecuado para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con al menos uno de los procedimientos que se han descrito anteriormente. Por tanto, un

equipo de procesamiento de datos junto con el producto de programa informático facilita, en particular, una forma de realización de acuerdo con la invención de un dispositivo según la presente invención.

Breve descripción de las figuras

5 La Figura 1 muestra una representación esquemática a modo de ejemplo de al menos una sección de flanco correspondiente a una geometría de pieza terminada predefinida a modo de ejemplo.

10 La Figura 2 muestra una representación esquemática a modo de ejemplo de una superficie de la sección de flanco representada en la Figura 1 y su orientación con respecto a una superficie de un cuerpo de base de la geometría de pieza terminada.

15 La Figura 3 muestra una representación esquemática a modo de ejemplo de la superficie representada en la Figura 2 con una representación a modo de ejemplo de un grupo de puntos de acuerdo con una forma de realización del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención.

20 La Figura 4 muestra una representación esquemática a modo de ejemplo de un corte en el plano común de una columna de puntos del grupo de puntos de acuerdo con una forma de realización del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención.

25 La Figura 5 muestra una representación esquemática a modo de ejemplo de una colocación de una herramienta contra una superficie en relación con uno de los puntos del grupo de puntos con una orientación perpendicular con respecto a un vector normal en el punto de acuerdo con una forma de realización del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención.

30 La Figura 6 muestra una representación esquemática a modo de ejemplo de una colocación de una herramienta contra una superficie de la sección de flanco en una colocación de herramienta variada en comparación con la colocación representada en la Figura 5, que está desplazada en paralelo con respecto al eje de rotación de la herramienta, de acuerdo con una forma de realización del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención.

35 Las Figuras 7A y 7B muestran representaciones esquemáticas a modo de ejemplo de una colocación de una fresa de mango con radio de arista para el conformado de una zona de transición redondeada entre la al menos una sección de flanco y el cuerpo de base de acuerdo con formas de realización preferidas del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención.

La Figura 8 muestra un ejemplo de realización del dispositivo para la generación de datos de control de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

40 Descripción detallada de las figuras y ejemplos de realización preferidos de la invención

A continuación se describe y explica la presente invención detalladamente mediante ejemplos de realización del procedimiento y del dispositivo para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención mediante figuras ilustrativas.

45 A continuación se describen formas de realización preferidas del procedimiento para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes en relación con la producción de una pieza terminada con un cuerpo de base 1 y una sección de flanco 2 que sobresale del cuerpo de base 1 con geometría sencilla.

50 Una sección de una pieza terminada ilustrativa con un cuerpo de base 1 y una sección de flanco 2 que sobresale del cuerpo de base 1 está representada en la Figura 1. La sección de flanco 2 que sobresale del cuerpo de base 1 tiene una superficie 3. A modo de ejemplo, esta superficie 3 representada en la Figura 1 en extensión en altura de la sección de flanco, en otras palabras, en la dirección en la que sobresale la sección de flanco 2 del cuerpo de base 1, presenta una curvatura convexa. Sin embargo, la superficie 3 ilustrativa en extensión longitudinal de la sección de flanco 2 en la Figura 1 no tiene ninguna curvatura.

60 Sin embargo, la presente invención no está limitada a una geometría de este tipo de una sección de flanco 2 que sobresale de un cuerpo de base. Más bien, con el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden producir piezas de trabajo discrecionales con un cuerpo de base 1, en particular un cuerpo de base 1 con simetría de rotación, y una sección de flanco 2 con geometrías discrecionales. En particular, la presente invención posibilita la producción de ruedas cilíndricas de dientes rectos, ruedas dentadas cónicas, discos con paletas integradas y agitadores de paletas con geometrías predeterminadas respectivamente complejas.

65 En estos casos, una sección de flanco 2 se corresponde respectivamente con un dentado de una rueda dentada o una pala de un agitador de paletas o un disco con paletas integradas. En particular, el procedimiento de acuerdo con

la invención posibilita la producción de ruedas cilíndricas de dientes rectos con dentado interno o externo o ruedas dentadas cónicas con formas de dentado discrecionales, en particular, por ejemplo, con dentado recto, dentado oblicuo, dentado oblicuo doble o dentado aflechado, dentado de arco circular, dentado espiral o dentado evolvente, pudiendo comprender el flanco de diente curvaturas discrecionales de conformación convexa y/o cóncava, por ejemplo, en forma de una evolvente.

En particular es posible conformar superficies discrecionales con el procedimiento de acuerdo con la invención que pueden presentar curvaturas discrecionales, en un lado o en todos los lados, convexas y/o cóncavas, por ejemplo, también superficies de forma libre discrecionales que presentan curvaturas constantes.

A modo de ejemplo, en el presente documento se describe un ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control mediante una pieza terminada, cuya geometría de pieza terminada predeterminada comprende un cuerpo de base 1 del cual sobresale una sección de flanco 2 tal como se representa en la Figura 1. El principio de acuerdo con la invención del procedimiento para la generación de datos de control, a este respecto, se explica como aclaración mediante este ejemplo. A este respecto, la sección de flanco 2 se corresponde, por ejemplo, con una forma de flanco tal como aparece, por ejemplo, en el caso de una rueda dentada con dentado recto. Por consiguiente, la superficie 3 representada en la Figura 1 de la sección de flanco 2 en dirección longitudinal de la sección de flanco 2 es rectilínea y en esta dirección no presenta ninguna curvatura. En dirección en altura de la sección de flanco 2, la superficie 3 está curvada, por ejemplo, de forma convexa.

Por motivos de claridad, la sección representada del cuerpo de base 1 en la zona en la que sobresale la sección de flanco 2 del cuerpo de base 1 presenta una superficie plana. Sin embargo, la presente invención no está limitada a tales formas de un cuerpo de base, sino que más bien el cuerpo de base 1 puede corresponderse, dado el caso, con formas de base con simetría de rotación, sobresaliendo una sección de flanco 2 de una superficie externa curvada del cuerpo de base 1. En caso de una rueda cilíndrica de dientes rectos, el cuerpo de base 1, por ejemplo, se forma por un cuerpo de base cilíndrico y en caso de una rueda dentada cónica, el cuerpo de base 1 se forma, por ejemplo, por un cuerpo de base cónico o al menos por un cuerpo parcialmente cónico con simetría de rotación.

Durante la producción de ruedas dentadas, en particular ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, en la práctica se fabrica una pluralidad de secciones de flancos en la pieza de trabajo, por ejemplo, para formar una multitud de flancos de diente. En este caso, las secciones de flanco 2 individuales tienen respectivamente en esencia geometrías o formas geométricas iguales. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la producción de ruedas dentadas, en particular ruedas cilíndricas de dientes rectos o ruedas dentadas cónicas, sino que más bien se pueden conformar también piezas de trabajo con cuerpos de base y secciones de flanco que sobresalen de los mismos que presentan respectivamente una geometría o forma geométrica diferente, por ejemplo, palas de un agitador de paletas o disco con paletas integradas.

En general, el presente procedimiento se puede aplicar a la producción de piezas de trabajo con un cuerpo de base 1 y una sección de flanco 2 que sobresale del cuerpo de base 1, por lo que en lo sucesivo se describirán formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control mediante una pieza terminada, tal como está representado en la Figura 1, es decir, con solo una sección de flanco 2 que presenta una superficie 3.

La forma de la superficie 3 se mecaniza mediante desprendimiento de virutas con una herramienta sujeta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes a lo largo de trayectorias de herramienta generadas numéricamente para la retirada de material de la pieza de trabajo hasta que se haya conseguido la geometría de pieza terminada de la pieza terminada. Para esto es necesario generar o calcular trayectorias de herramienta a lo largo de las cuales se pueda conducir la herramienta para retirar material de la pieza de trabajo, de tal manera que la superficie 3 se forma de manera correspondiente a una forma geométrica predefinida de la superficie 3.

De acuerdo con la invención, para esto en primer lugar se determinan parámetros de geometría de base de la pieza terminada para poder generar datos de geometría de pieza terminada que indiquen la forma geométrica de la superficie 3 de la sección de flanco 2. Tales parámetros de base comprenden, por ejemplo, la altura y extensión longitudinal de la sección de flanco 2, la forma de curvatura de la superficie 3 en extensión longitudinal y en altura de la sección de flanco 2, una anchura de la sección de flanco 2 y, dado el caso, una globosidad deseada de la superficie 3. Se pueden introducir los parámetros de geometría de base, por ejemplo, en un ordenador manualmente y/o se pueden calcular mediante especificaciones técnicas, por ejemplo, de forma asistida por ordenador con un sistema de CAD/CAM.

La Figura 2 muestra, por ejemplo, la forma geométrica deseada de la superficie 3 de la sección de flanco 2 representada en la Figura 1 y la orientación relativa de la superficie 3 con respecto a la orientación de la superficie de cubierta 4 geométrica del cuerpo de base 1 representado en la Figura 1, que está representado con línea discontinua en la Figura 2.

La Figura 3 muestra la representación esquemática de la forma geométrica de la superficie 3 de la Figura 2 junto con un grupo de puntos sobre la superficie 3 que permiten, de acuerdo con la invención, describir de forma

matemáticamente exacta la forma geométrica de la superficie 3. De acuerdo con la invención, el grupo de puntos está dispuesto sobre la superficie 3 de la sección de flanco 2, de tal manera que cada punto del grupo de puntos está asignado a una línea de puntos y una columna de puntos.

5 Como está representado en la Figura 3, el grupo de puntos se dispone de tal manera sobre la superficie 3 que los puntos que están asignados a una columna se encuentran sobre un plano común 5 que, a su vez, se encuentra en perpendicular sobre la orientación de la superficie de cubierta 4 del cuerpo de base 1. En caso de una producción de
10 ruedas dentadas, la superficie externa 4 geométrica del cuerpo de base 1 en el caso normal, a diferencia de lo representado en las figuras, está curvada al menos en un lado y se corresponde en caso de una rueda cilíndrica de dientes rectos con una superficie de cubierta 4 geométrica de un cilindro o un cilindro hueco y en el caso de una
15 rueda dentada cónica, con una superficie de cubierta 4 geométrica curvada de un cono o un cono parcial con simetría de rotación. En un caso de este tipo, los puntos del grupo de puntos se disponen sobre la superficie 3 de la sección de flanco 2 de tal manera que un plano común 5 en el que se encuentran todos los puntos de una columna se encuentra en perpendicular con respecto a un plano tangencial de una superficie externa geométrica del cuerpo
20 de base 1. Para esto, este plano tangencial es un plano tangencial en un punto común 10 de la superficie de cubierta del cuerpo de base con el plano común 5. La orientación del plano común preferentemente puede estar orientada en perpendicular con respecto a una curva-guía 9, siendo la curva-guía 9 una curva que tiene un recorrido sobre la superficie de cubierta del cuerpo de base. En caso de una fabricación de una rueda dentada, en este caso, la curva-guía puede tener un recorrido en particular ventajosamente sobre el fondo de diente entre dos dientes del
dentado.

En la etapa generación de datos de geometría de pieza terminada se generan datos de posición, indicando los datos de posición la posición geométrica exacta de todos los puntos sobre la superficie 3, indicando los datos de posición para cada uno de los puntos del grupo de puntos una información acerca de la ubicación del punto en el espacio
25 tridimensional. Además, en este ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención se generan además datos de normal que para cada punto del grupo de puntos indican, además de los datos de posición, también un vector normal de la superficie 3 en el respectivo punto.

Esto está representado en la Figura 4 que muestra a modo de ejemplo los puntos 5a, 5b, 5c, 5d, 5e y 5f que están
30 asignados todos a la misma columna de puntos y que se encuentran en un plano común 5 que se corresponde con el plano del dibujo de la Figura 4. Además, la Figura 4 muestra una curva de corte de la superficie 3 con el plano común 5. Los vectores normales $n(5a)$ a $n(5f)$ representan los respectivos vectores normales en los puntos 5a a 5f que en los puntos 5a a 5f se encuentran respectivamente en perpendicular con respecto a la superficie 3 y, por tanto, describen una orientación de la superficie 3 en los puntos 5a a 5f. Por tanto, los datos de geometría de pieza
35 terminada comprenden tanto los datos de posición que indican la posición de los puntos como los datos de normal que indican la orientación de la superficie 3 en estos puntos.

Esto posibilita facilitar de manera particularmente sencilla de forma matemáticamente exacta datos mediante los cuales se puede realizar, ventajosamente, el cálculo de los datos de trayectoria para el control de la herramienta 6.
40 Esto está mostrado a modo de ejemplo en la Figura 5 para un punto 5d. Se muestra una curva de corte de la superficie 3 con el plano común 5 de los puntos 5a a 5f, correspondiéndose el plano del dibujo de la Figura 5 con el plano común 5. La herramienta 6 que rota alrededor del eje de rotación 7 de la herramienta 6 para la retirada de material de la pieza de trabajo se puede determinar de manera matemáticamente exacta mediante los datos de geometría de pieza terminada, ya que la posición de la herramienta se puede orientar exactamente en los datos de
45 posición que indican la posición del punto 5b, pudiéndose orientar adicionalmente a la posición de la herramienta la orientación de la herramienta, que se corresponde con la orientación del eje de rotación 7 de la herramienta 6, mediante los datos de normal en el punto 5b, al controlarse la herramienta 6 en perpendicular con respecto al vector normal $n(5b)$, de tal manera que el eje de rotación 7 se encuentra en perpendicular sobre el vector normal en el punto 5b, es decir, en paralelo con respecto al plano tangencial de la superficie 3 en el punto 5b. Al encontrarse de
50 acuerdo con la invención la orientación de la herramienta además, según este ejemplo de realización de la presente invención, en el plano común 5, la guía de herramienta se puede orientar de forma matemáticamente exacta mediante los datos de posición del punto 5b y los datos de normal correspondientes a esto.

Para la generación de datos de control ahora se calculan o generan datos de trayectoria, calculándose de forma
55 exacta trayectorias que llevan la herramienta 6 en paralelo con respecto a una curva que pasa a través de todos los puntos de una línea del grupo de puntos sobre la superficie 3. Ya que para todos los puntos de una línea se generan datos de posición y datos de normal, el cálculo de la trayectoria a lo largo de una línea de puntos se puede generar de forma matemáticamente exacta de forma sencilla.

60 Por tanto, se calcula una pluralidad de trayectorias de mecanizado o se generan datos de trayectoria para una pluralidad de trayectorias de herramienta, guiándose cada una de las trayectorias de herramienta en paralelo con respecto a una línea de puntos del grupo de puntos sobre la superficie 3. Por consiguiente, la cantidad de las trayectorias de herramienta es igual al número de las líneas de puntos. Por consiguiente, el grupo de puntos comprende columnas de puntos que comprenden, respectivamente, la misma cantidad de puntos, de tal manera que
65 cada punto se puede asignar a una línea y ninguna de las líneas se cruza con otra línea.

Antes de la generación de los datos de geometría de pieza terminada se pueden introducir además valores límite de densidad de puntos mediante los cuales se pueden establecer valores límite para separaciones mínimas o máximas entre dos puntos adyacentes de una línea y/o columna, o incluso valores límite para valores mínimos o máximos de una separación promedio entre dos puntos adyacentes de una línea y/o columna del grupo de puntos.

La introducción o la especificación de tales valores límite de densidad de puntos puede ser necesaria, ya que en caso de formas geométricas más complejas de superficies 3, dado el caso, con curvatura convexa o cóncava en distintas direcciones las líneas de puntos y/o columnas de puntos pueden variar respectivamente en la separación y, en general, no se pueden generar como en el caso de la representación ilustrativa en la Figura 3 con separaciones iguales o constantes.

De este modo, de acuerdo con la invención ventajosamente se puede asegurar que la guía de herramienta se realice mediante los datos de trayectoria generados, de tal manera que la orientación de la herramienta se encuentre siempre en un plano que se encuentra en perpendicular con respecto al cuerpo de base 1. De este modo, por consiguiente se puede evitar que la herramienta 6 al atravesar trayectorias calculadas de herramienta no adopte, como en procedimientos que están orientados en curvas isoparamétricas, innecesariamente una posición oblicua en relación con el cuerpo de base o se convierta de forma constante o inconstante en una orientación de posición oblicua con respecto al eje de trayectoria o la tangente de trayectoria.

Por tanto, el procedimiento de acuerdo con la invención, a diferencia de procedimientos del estado de la técnica orientados en curvas isoparamétricas, ofrece la ventaja de que se pueden evitar o reducir movimientos de eje rotativo innecesarios e inconstantes al atravesar las trayectorias calculadas de herramienta por la herramienta 6, por lo que se puede conseguir además ventajosamente una calidad optimizada de la superficie. Esto posibilita un conformado exacto de la superficie 3 con ajuste exacto de un diagrama de contacto deseado, de tal manera que en particular durante la producción de ruedas dentadas se pueden conformar superficies de flanco que posibilitan un comportamiento optimizado de rodadura durante la rodadura de una rueda dentada en el flanco de una rueda dentada contraria, por lo que además se posibilitan ruidos de rodadura durante la rodadura de una rueda dentada producida de este modo en la rueda dentada contraria con reducción de ruidos u optimizados en cuanto a ruidos.

En otro ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con la presente invención se calculan múltiples trayectorias de mecanizado, conduciéndose cada una de las trayectorias de mecanizado a lo largo de una línea de puntos del grupo de puntos, calculándose cada trayectoria de tal manera que la herramienta está orientada a lo largo de la trayectoria respectivamente de forma matemáticamente exacta en los puntos sobre la superficie 3 de la línea para la que se calcula en paralelo la trayectoria, en los datos de posición de los puntos de la línea y los datos de normal, tal como se ha descrito anteriormente.

Sin embargo, en este ejemplo de realización durante el cálculo de una primera trayectoria de herramienta y un cálculo de una segunda trayectoria de herramienta en comparación entre la primera y la segunda trayectoria de herramienta, una posición relativa de herramienta se desplaza en dirección o en paralelo con respecto al eje de rotación 7 de la herramienta 6. Esto se aclara mediante las Figuras 5 y 6 que representan, por ejemplo, una posición de la herramienta 6 en los puntos 5b en las Figuras 5 y 5c en la Figura 6. En la Figura 5, la posición de la herramienta 6 está orientada de tal manera que se coloca al lado inferior de la herramienta a la altura del punto 5b. Ya que la superficie 3 presenta una curvatura, en este ejemplo una curvatura convexa, una zona de intervención de la herramienta 6 se limita durante el recorrido de la trayectoria a lo largo de la línea de los puntos a la que está asignado el punto 5b a una zona inferior de la herramienta 6 y la herramienta 6, dado el caso, en la zona superior a causa de la curvatura de la superficie 3 no se solicita, o al menos se solicita menos, que en la parte inferior de la herramienta 6.

En la Figura 6 está representada la colocación de la herramienta en un punto 5c, estando desplazada una posición relativa de la herramienta 6 con respecto al punto 5c en paralelo en relación con el eje de rotación 7 de la herramienta 6, de tal manera que está desplazada una zona de intervención de la herramienta 6 en paralelo con respecto al eje de rotación 7 de la herramienta 6. En otras palabras, un cálculo de trayectoria se realiza de tal manera que en una guía de trayectoria a lo largo de una primera línea de puntos en comparación con una guía de trayectoria a lo largo de una segunda línea de puntos, la herramienta está relativamente desplazada en dirección del eje de rotación 7 de la herramienta, de tal manera que está desplazada una zona de intervención o una línea de corte en el lado perimetral de la herramienta 6. Por tanto, los datos de trayectoria se generan de tal manera que durante un recorrido de una primera trayectoria, dado el caso, se solicitan otras zonas de la herramienta 6 que durante el recorrido de una segunda trayectoria, de tal manera que se puede reducir un desgaste de la herramienta 6, ya que se distribuyen las manifestaciones de desgaste a una extensión longitudinal de la herramienta 6.

Por tanto, en otras palabras se desplaza la zona de intervención por trayectoria de herramienta y el desgaste de las cuchillas de la herramienta 6 se distribuye de una única posición en un punto sensible tal como, por ejemplo, la punta de la herramienta, a una zona más amplia a lo largo de la cuchilla.

El ejemplo de realización que se ha descrito anteriormente se puede aplicar en herramientas esencialmente cilíndricas. En caso de herramientas esencialmente cónicas, a causa de la forma de la herramienta para alcanzar

una ventaja similar de acuerdo con la invención no se desplaza, tal como se describe anteriormente, en paralelo en dirección del eje de rotación de la herramienta, sino que se desplaza esencialmente en paralelo con respecto a la superficie a mecanizar esencialmente en una dirección del eje de rotación de la herramienta dependiendo del ángulo de colocación de la herramienta, dado el caso incluso junto con una rotación del eje de rotación.

Globalmente, los procedimientos que se han descrito anteriormente posibilitan, ventajosamente, periodos en servicio de la herramienta sustancialmente mayores con una reducción consiguiente de los costes de herramienta y una reducción de tiempos improductivos, por ejemplo, generados debido a cambios de herramienta requeridos debido a mayor desgaste. Además, esto posibilita adicionalmente una optimización de la calidad de la superficie, ya que se influye en la calidad de la superficie por un estado de desgaste de la herramienta 6, por lo que se pueden evitar errores de geometría debidos a desgaste adicionalmente en la pieza de trabajo. Además, esto conduce a la evitación de problemas a causa de errores manuales debido a un comportamiento erróneo humano tales como, por ejemplo, introducción de una herramienta de reemplazo incorrecta o errores de introducción durante una definición de los parámetros de herramienta de la herramienta de reemplazo introducida.

Independientemente de la generación que se ha descrito anteriormente de los datos de trayectoria mediante el grupo de puntos, además la invención posibilita alcanzar las ventajas que se han descrito anteriormente al estar desplazada generalmente durante una generación de datos de control para un proceso de fresado a lo largo de al menos dos trayectorias de herramienta calculadas una posición relativa de la herramienta entre el recorrido de la primera y el recorrido de la segunda trayectoria de herramienta en dirección del eje de rotación 7 de la herramienta 6, como está representado en la comparación de las Figuras 5 y 6.

En una forma de realización especial del procedimiento para la generación de datos de control además se usa, por ejemplo, tal como se muestra en la Figura 7A, una fresa de mango con un radio de arista redondeado en la punta que posibilita calcular una trayectoria, de tal manera que se calcula la última o más profunda trayectoria de herramienta en paralelo con respecto a un recorrido de pie de la superficie 3 de la sección de flanco 2, pudiéndose conformar al mismo tiempo al recorrer la trayectoria por el radio de arista redondeado de la fresa de mango 6 una zona de transición 8 redondeada entre la sección de flanco 2 y el cuerpo de base 1. El radio de la zona de transición redondeada 8 en este caso se puede establecer mediante selección adecuada de la fresa de mango 6 con un radio de arista seleccionado correspondientemente, ya que el radio de la zona de transición redondeada 8 después del recorrido de la trayectoria calculada más profunda por la fresa de mango 6 se corresponde esencialmente con el radio del radio de arista de la fresa de mango 6.

La Figura 7B muestra una forma de realización preferida del procedimiento para la generación de datos de control, en el que además se calcula la última o más profunda trayectoria de herramienta para una fresa de mango 6 con una fresa de mango redondeada, de tal manera que la fresa de mango 6 al recorrer la trayectoria de forma orientada en la curva-guía 9 en la transición entre el fondo de diente y el flanco de diente conforma o elabora una zona de transición redondeada 8 así como una sección tangencial 3b en la superficie 3 de la sección de flanco 2 entre el cuerpo de base 1 y la sección de flanco de diente con actividad de dentado 3a. La sección de flanco de diente con actividad de dentado 3a describe en este caso esencialmente la sección de la superficie 3 de la sección de flanco 2 que, con dentado y contradentado o flanco y contraflanco que ruedan uno contra otro, se pone en contacto con el correspondiente contraflanco y presenta, preferentemente, una curvatura correspondiente a la respectiva forma de dentado. Preferentemente puede estar prevista también una separación de seguridad que lleva la curvatura de la forma de dentado más allá de la zona que con dentado y contradentado o flanco y contraflanco que ruedan uno contra otro se pone en contacto con el correspondiente contraflanco.

La sección tangencial 3b se corresponde en el corte transversal mostrado en la Figura 7B esencialmente con una recta y se transforma en el lado inferior directamente en la zona de transición redondeada 8 y en el lado superior directamente en la sección de flanco de diente con actividad de dentado 3a. En este caso, la fresa de mango 6, de acuerdo con este ejemplo de realización preferido, se coloca en el punto más profundo 5g de la sección de flanco de diente con actividad de dentado 3a tangencialmente en la sección de flanco de diente con actividad de dentado 3a para conformar o elaborar la sección tangencial 3b así como la zona redondeada 8 al mismo tiempo durante el recorrido de la línea o trayectoria más profunda calculada de forma orientada en la curva-guía 9. La altura de la sección tangencial 3b, es decir, la separación entre la zona de transición redondeada 8 y la sección de flanco de diente con actividad de dentado 3a, en este caso, se puede seleccionar libremente o ajustarse como especificación para el cálculo de la trayectoria. Además, en la Figura 7B está mostrado a modo de ejemplo que entre dos zonas de transición redondeadas 8 en dos lados opuestos del fondo de diente está configurada además una zona de transición tangencial 11 que, a ambos lados, se transforma de forma esencialmente tangencial en la respectiva zona de transición redondeada 8.

Por tanto, se puede elaborar un flanco de diente que por debajo de la sección de flanco de diente con actividad de dentado 3 presenta además una sección tangencial 3b que, junto con la zona redondeada 8, mediante el recorrido de solo una trayectoria de herramienta con la fresa de mango 6 se puede elaborar de forma rápida y eficaz.

En resumen, el conformado en particular de ruedas dentadas en una máquina herramienta de 5 ejes según los procedimientos que se han descrito anteriormente posibilita una elevada flexibilidad, pudiéndose diseñar además

huecos entre dos flancos de diente en una zona fuera de una zona relevante en cuanto a la técnica de generación o técnica de rodadura (zona en la que se producen contactos durante la rodadura con un flanco de una rueda contraria) de forma particularmente libre.

Para la realización de los procedimientos que se han descrito anteriormente para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes se facilita además un dispositivo 800 para la generación de datos de control, que es adecuado para realizar al menos uno de los ejemplos de realización que se han descrito anteriormente de un procedimiento para la generación de datos de control. En la Figura 8 está representado un ejemplo de realización del dispositivo 800.

En este caso, el dispositivo 800 comprende un medio de determinación de parámetros de geometría 801 para la determinación de parámetros de geometría de base de una geometría de pieza terminada de la pieza terminada, siendo adecuado el medio de determinación de parámetros de geometría 801 para introducir parámetros de geometría de base de la geometría de pieza terminada de la pieza terminada y/o para generarlos mediante una introducción de parámetros.

Además, el dispositivo 800 comprende un medio de generación de datos de geometría de pieza terminada 802 que es adecuado para generar datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada mediante los parámetros de geometría de base, siendo el medio de generación de datos de geometría de pieza terminada 802 en particular adecuado para generar datos de geometría de pieza terminada que describen una superficie 3 de una sección de flanco 2 por un grupo de puntos, comprendiendo los datos de geometría de pieza terminada datos de posición y datos de normal, tal como se ha descrito anteriormente.

Además, el dispositivo 800 comprende un medio de generación de datos de trayectoria 803 para la generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada de acuerdo con al menos uno de los ejemplos de realización que se han descrito anteriormente del procedimiento para la generación de datos de control. En particular, el medio de generación de datos de trayectoria 803 es adecuado para calcular mediante los datos de posición y los datos de normal de los datos de geometría de pieza terminada una o varias trayectorias de herramienta, orientándose la colocación de la herramienta a lo largo de una trayectoria de herramienta mediante los datos de posición de los puntos y orientándose la orientación de herramienta mediante los datos de normal en los puntos, orientándose además una orientación de herramienta en un plano común de una columna de puntos del grupo de puntos, tal como se ha descrito anteriormente.

Además, el dispositivo 800 comprende un medio de establecimiento de valor límite de densidad de puntos 804 que es adecuado para establecer valores límite de densidad de puntos, por ejemplo, mediante introducción manual, mediante los cuales se pueden establecer las separaciones mínimas o máximas de puntos adyacentes de una línea o de una columna de puntos y/o que además es adecuado para establecer valores límite de densidad de puntos, por ejemplo, mediante introducción manual, que posibilita un valor mínimo o máximo para una separación promedio entre dos puntos adyacentes de una línea y/o columna del grupo de puntos.

Finalmente, el dispositivo 800 comprende una interfaz 805 que posibilita transmitir los datos de trayectoria calculados o generados como datos de control o como parte de datos de control a una máquina herramienta o a un medio de memoria, de tal manera que se pueden transferir los datos de control a un dispositivo de control de la máquina herramienta para controlar una herramienta introducida en la máquina herramienta mediante los datos de trayectoria o datos de control para mecanizar una pieza de trabajo sujeta en la máquina herramienta.

En resumen, se facilita el procedimiento de acuerdo con la invención y el dispositivo de acuerdo con la invención para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base 1 y una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base mediante desprendimiento de virutas, donde mediante un nuevo algoritmo especial de cálculo se simula un proceso de rodadura, pudiéndose calcular con separaciones ajustables secuencias exactas de punto-vector sobre la superficie del flanco de diente, en la que se posibilita, de forma matemáticamente exacta y sencilla, un cálculo de trayectoria para una herramienta en una máquina herramienta.

Tanto la posición de la herramienta como la colocación o la orientación de la herramienta en la superficie que se puede corresponder, dado el caso, con una superficie de forma libre discrecional, no se calculan mediante acercamiento o aproximación, sino de forma matemáticamente exacta a base de la posición establecida de puntos y vectores normales. El mecanizado mediante la herramienta de las superficies, por ejemplo, de flancos de diente, por tanto, se puede realizar de acuerdo con la invención de manera eficaz y flexible con herramientas convencionales en una máquina herramienta que comprende 5 ejes, en la que de forma particularmente ventajosa, a diferencia de un mecanizado convencional en máquinas de fresado de rueda dentada convencionales, se puede generar un diagrama de contacto deseado discrecional, dado el caso también de varias partes.

En particular, el procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control para el control de una herramienta para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada

predeterminada con un cuerpo de base y una sección de flanco que sobresale del cuerpo de base mediante desprendimiento de virutas optimiza los procedimientos conocidos por el estado de la técnica para la generación de datos de control en sistemas conocidos de CAD/CAM, en los que una orientación de herramienta está orientada mediante curvas isoparamétricas verticales sobre la superficie. Se pueden evitar variaciones innecesarias de una posición oblicua de la herramienta en relación con la superficie de cubierta del cuerpo de base, de tal manera que en el procedimiento de acuerdo con la invención a diferencia del estado de la técnica se pueden evitar colocaciones innecesarias, irregulares y además desfavorables en cuanto a la técnica de desprendimiento de virutas de la herramienta con respecto a la superficie a tratar por desprendimiento de virutas con la consecuencia de calidad defectuosa de la superficie, defectos de la geometría y mayor desgaste en la herramienta. Al mismo tiempo se pueden evitar movimientos de pivotado que pueden conducir a movimientos de eje rotativo inconstantes de la máquina fresadora y movimientos inconstantes consiguientes de la herramienta a lo largo de la trayectoria.

El procedimiento que se ha descrito anteriormente y el correspondiente dispositivo para la generación de datos de control, por consiguiente, representan un procedimiento optimizado y un dispositivo optimizado a diferencia los procedimientos y dispositivos conocidos por el estado de la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base (1) y al menos una sección de flanco (2) que sobresale del cuerpo de base (1) mediante desprendimiento de virutas, comprendiendo el procedimiento las etapas:

- determinación de parámetros de geometría de base de una geometría de pieza terminada de la pieza terminada, correspondiéndose la geometría de pieza terminada con una geometría de la pieza terminada predeterminada,
- generación de datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada de la pieza terminada mediante los parámetros de geometría de base, indicando los datos de geometría de pieza terminada una forma geométrica de una superficie (3) de la sección de flanco (2) y
- generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada, indicando los datos de trayectoria qué trayectoria de herramienta se ha de recorrer por la herramienta a lo largo de la superficie (3) de la sección de flanco (2) con qué orientación de herramienta en relación con la pieza de trabajo para la retirada de material de la pieza de trabajo, correspondiéndose la orientación de herramienta de la herramienta (6) con una orientación de un eje de rotación (7) de la herramienta (6) y rotando la herramienta (6) para la retirada de material de la pieza de trabajo alrededor del eje de rotación (7) de la herramienta (6)

caracterizado por que

los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la forma geométrica de la superficie (3) de la sección de flanco (2) comprenden datos de posición de un grupo de puntos sobre la superficie (3) de la sección de flanco (2), indicando los datos de posición una posición de los puntos del grupo de puntos,

cada punto del grupo de puntos está asignado a una columna de puntos y una línea de puntos, encontrándose todos los puntos de una columna de puntos en un plano común (5) y encontrándose el plano común (5) de los puntos de una columna de puntos en perpendicular sobre un plano tangencial (4) de la superficie de cubierta del cuerpo de base (1), siendo el plano tangencial (4) del cuerpo de base (1) un plano tangencial con respecto a la superficie de cubierta del cuerpo de base (1) en un punto común (10) del plano común (5) con la superficie de cubierta del cuerpo de base (1),

los datos de trayectoria se generan de tal manera que la trayectoria de la herramienta tiene un recorrido paralelo con respecto a una curva que tiene un recorrido a través de los puntos de una primera línea de puntos y

los datos de trayectoria se generan además de tal manera que el eje de rotación (7) de la herramienta (6) está orientado en cada uno de los puntos (5b) de la primera línea de puntos encontrándose en el plano común (5) de la columna del respectivo punto (5b) de la primera línea,

comprendiendo los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la geometría de la superficie (3) de la sección de flanco (2) además con respecto a un primer punto (5b) del grupo de puntos datos de normal, indicando los datos de normal una dirección de un vector normal de la superficie (3) de la sección de flanco (2) en el primer punto (5b), generándose además los datos de trayectoria de tal manera que el eje de rotación (7) de la herramienta (6) en el primer punto (5b) es perpendicular con respecto al vector normal en el primer punto (5b).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el eje de rotación (7) de la herramienta (6) en cada uno de los puntos (5b) de la primera línea de puntos se encuentra en el plano común (5) de la columna del respectivo punto (5b) de la primera línea.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por que** el punto común (10) se encuentra sobre una curva-guía (9), teniendo la curva-guía (9) un recorrido sobre la superficie de cubierta del cuerpo de base (1).

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** el plano común (5) además se encuentra en perpendicular sobre la curva-guía (9).

5. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la pieza terminada predeterminada es una rueda dentada, un agitador de paletas o un disco con paletas integradas, siendo la al menos una sección de flanco (2) un flanco de diente de la rueda dentada o un flanco de pala del agitador de paletas o del disco con paletas integradas, o por que la pieza terminada predeterminada comprende un cuerpo de base (1) discrecional con al menos una sección de flanco (2) que sobresale hacia el interior o hacia el exterior.

6. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la máquina herramienta es una máquina fresadora, máquina fresadora/torneadora o máquina torneadora/fresadora y la herramienta (6) con simetría de rotación es una fresa de mango, fresa esférica, fresa toroidal, fresa de barril u otra herramienta con simetría de rotación.

7. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** los datos de trayectoria indican una pluralidad de trayectorias de herramienta a lo largo de la superficie (3) de la sección de flanco (2), estando asignado a cada una de las columnas del grupo de puntos el mismo número de puntos y teniendo un

recorrido cada una de la pluralidad de trayectorias de herramienta, respectivamente, en paralelo con respecto a una de las líneas de puntos.

8. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por** la etapa adicional establecimiento de uno o varios valores límite de densidad de puntos para el grupo de puntos sobre la superficie (3) de la sección de flanco (2), generándose en la etapa determinación de datos de geometría de pieza terminada los datos de geometría de pieza terminada, de tal manera que la separación mínima y/o promedio entre puntos adyacentes de una línea del grupo de puntos y/o puntos adyacentes de una columna del grupo de puntos respectivamente no pasa por debajo de uno de los uno o varios valores límite de densidad de puntos establecidos y/o la separación máxima y/o promedio entre puntos adyacentes de una línea del grupo de puntos y/o puntos adyacentes de una columna del grupo de puntos respectivamente no supera uno de los uno o varios valores límite de densidad de puntos establecidos.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** la herramienta (6) es una herramienta que comprende un radio de arista, en particular una fresa de mango que presenta un radio de arista, generándose los datos de trayectoria de tal manera que se forma una zona de transición redondeada (8) de forma orientada en la curva-guía (9) entre la sección de flanco (2) y el cuerpo de base (1) de la pieza de trabajo durante el recorrido de la trayectoria de herramienta mediante los datos de trayectoria de forma correspondiente al radio de arista, generándose los datos de trayectoria, en particular, de tal manera que adicionalmente a la zona de transición redondeada (8) durante el recorrido de la trayectoria de herramienta mediante los datos de trayectoria se configura una sección tangencial (3b) entre la zona de transición redondeada (8) y una zona de flanco con actividad de dentado (3a) de la superficie (3) de la sección de flanco de diente (2).

10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** la herramienta (6) presenta una extensión longitudinal a lo largo del eje de rotación (7) de la herramienta (6), generándose los datos de trayectoria además de tal manera que la herramienta (6) durante un recorrido de una primera trayectoria de herramienta de la pluralidad de trayectorias de herramienta de forma orientada en una primera línea de puntos en comparación con un recorrido de una segunda trayectoria de herramienta de la pluralidad de trayectorias de herramienta a lo largo de una segunda línea de puntos, la herramienta (6) está desplazada y/o rotada en relación con la respectiva línea de puntos de forma orientada en la superficie (3) en dirección del eje de rotación (7) de la herramienta (6), de tal manera que durante la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo de la segunda trayectoria de herramienta, una zona de fresado, una línea de corte o una curva de corte sobre la superficie perimetral de la herramienta (6), en comparación con la retirada de material de la pieza de trabajo a lo largo de la primera trayectoria de herramienta, está desplazada en dirección del eje de rotación (7) de la herramienta (6).

11. Dispositivo para la generación de datos de control para el control de una herramienta en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes para el mecanizado de una pieza de trabajo para la producción de una pieza terminada predeterminada con un cuerpo de base (1) y al menos una sección de flanco (2) que sobresale del cuerpo de base (1) mediante desprendimiento de virutas con:

- un medio de determinación de parámetros de geometría (801) para la determinación de parámetros de geometría de base de una geometría de pieza terminada de la pieza terminada, correspondiéndose la geometría de pieza terminada con una geometría de la pieza terminada predeterminada,
- un medio de generación de datos de geometría de pieza terminada (802) para la generación de datos de geometría de pieza terminada de la geometría de pieza terminada predeterminada de la pieza terminada mediante los parámetros de geometría de base, indicando los datos de geometría de pieza terminada una forma geométrica de una superficie (3) de la sección de flanco (2) y
- un medio de generación de datos de trayectoria (803) para la generación de datos de trayectoria mediante los datos de geometría de pieza terminada, indicando los datos de trayectoria qué trayectoria de herramienta se ha de recorrer por la herramienta a lo largo de la superficie (3) de la sección de flanco (2) con qué orientación de herramienta en relación con la pieza de trabajo para la retirada de material de la pieza de trabajo, rotando la herramienta (6) para la retirada de material de la pieza de trabajo alrededor de un eje de rotación (7) de la herramienta (6),

caracterizado por que los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la geometría de la superficie (3) de la sección de flanco (2) comprenden datos de posición de un grupo de puntos sobre la superficie (3) de la sección de flanco (2), indicando los datos de posición una posición de los puntos del grupo de puntos, cada punto del grupo de puntos está asignado a una columna de puntos y una línea de puntos, encontrándose todos los puntos de una columna de puntos en un plano común (5) y encontrándose el plano común (5) de los puntos de una columna de puntos en perpendicular sobre un plano tangencial (4) de la superficie de cubierta del cuerpo de base (1), siendo el plano tangencial (4) de la superficie de cubierta del cuerpo de base (1) un plano tangencial con respecto a la superficie de cubierta del cuerpo de base en un punto común (10) del plano común (5) con la superficie de cubierta del cuerpo de base (1), los datos de trayectoria se generan de tal manera que la trayectoria de herramienta tiene un recorrido paralelo con respecto a una curva que tiene un recorrido a través de los puntos de una primera línea de puntos y

los datos de trayectoria además se generan de tal manera que el eje de rotación (7) de la herramienta (6) está orientado en cada uno de los puntos (5b) de la primera línea de puntos encontrándose en el plano común (5) de la columna del respectivo punto (5b) de la primera línea,

5 comprendiendo los datos de geometría de pieza terminada para la indicación de la geometría de la superficie (3) de la sección de flanco (2) además con respecto a un primer punto (5b) del grupo de puntos datos de normal, indicando los datos de normal una dirección de un vector normal de la superficie (3) de la sección de flanco (2) en el primer punto (5b), generándose los datos de trayectoria además de tal manera que el eje de rotación (7) de la herramienta (6) en el primer punto (5b) es perpendicular con respecto al vector normal en el primer punto (5b).

10 12. Producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador y un programa informático almacenado en su interior, estando almacenado el programa informático en forma de una secuencia de estados que se corresponde con órdenes que están preparadas para ser procesadas por un medio de procesamiento de datos de un equipo de procesamiento de datos, de tal manera que el equipo de procesamiento de datos, junto con el producto de programa informático, es adecuado para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con al menos una de las
15 reivindicaciones 1 a 10.

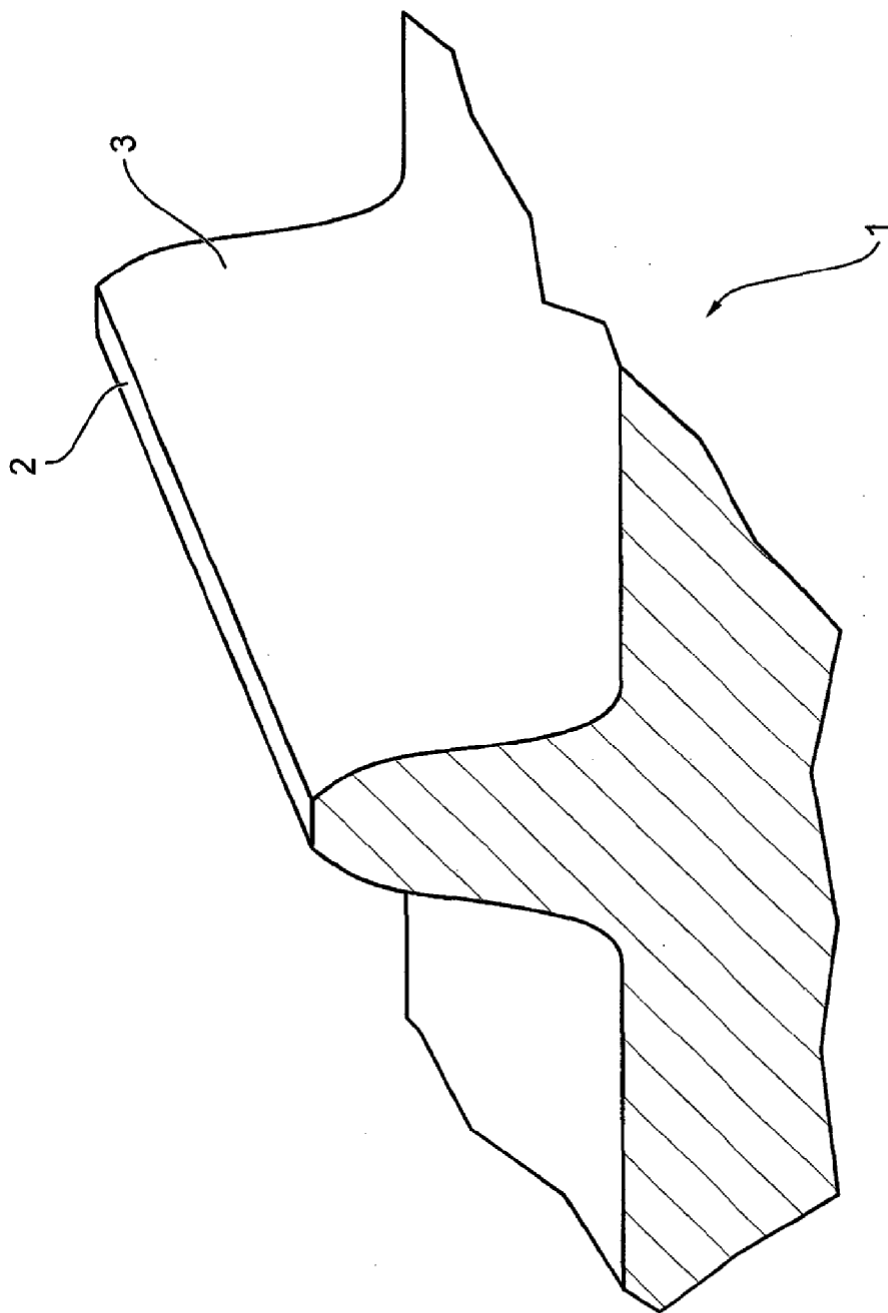


FIG. 1

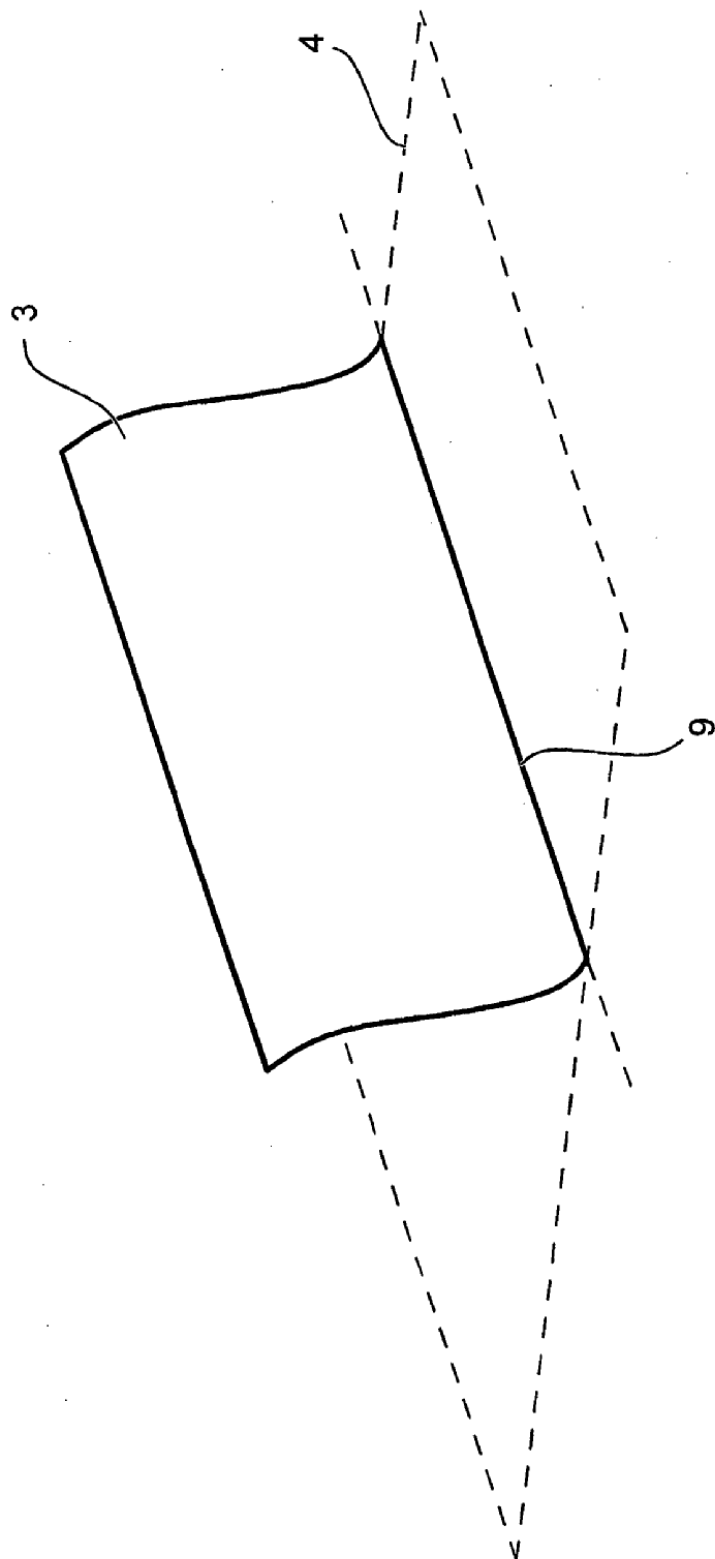


FIG. 2

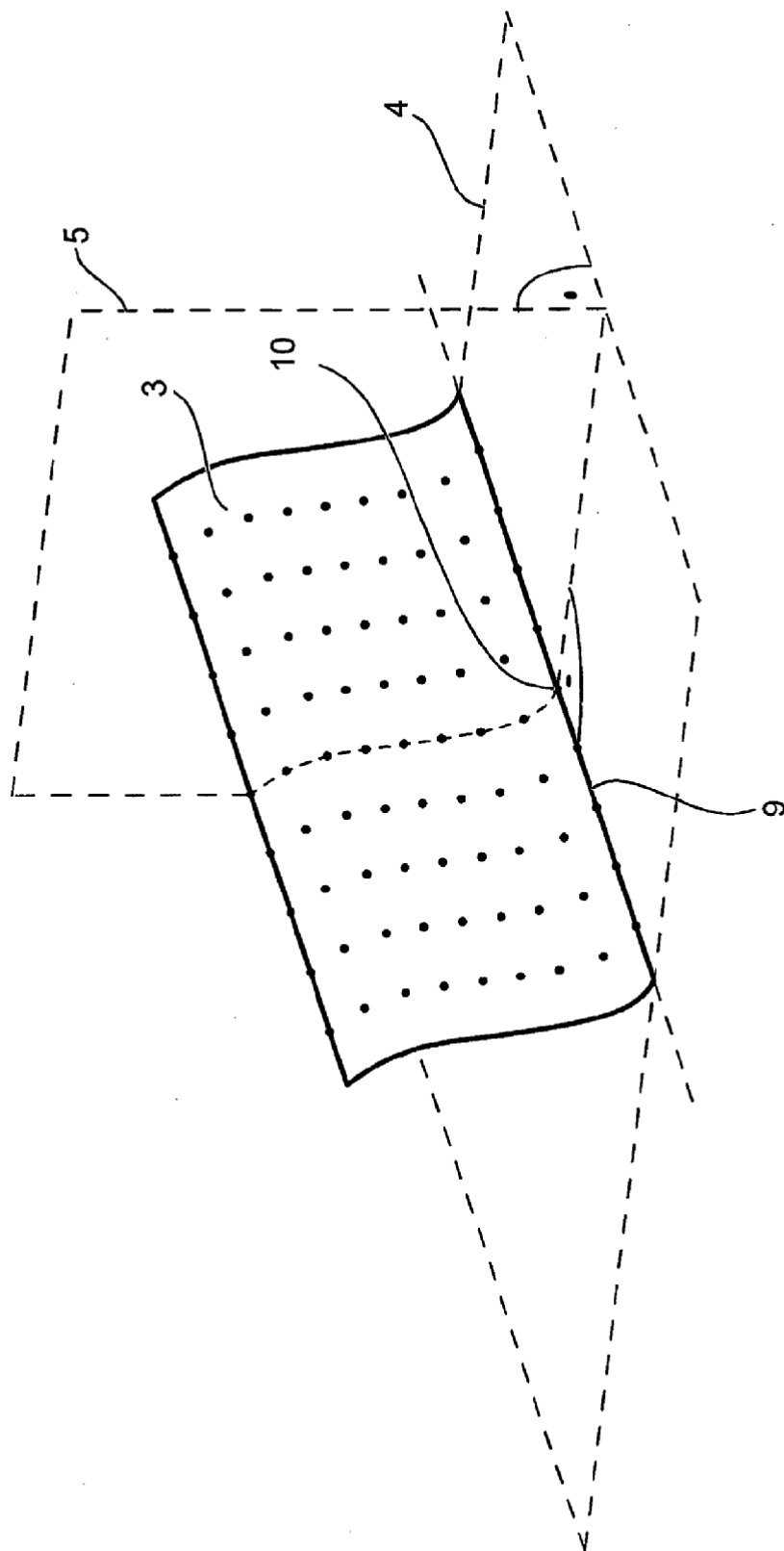


FIG. 3

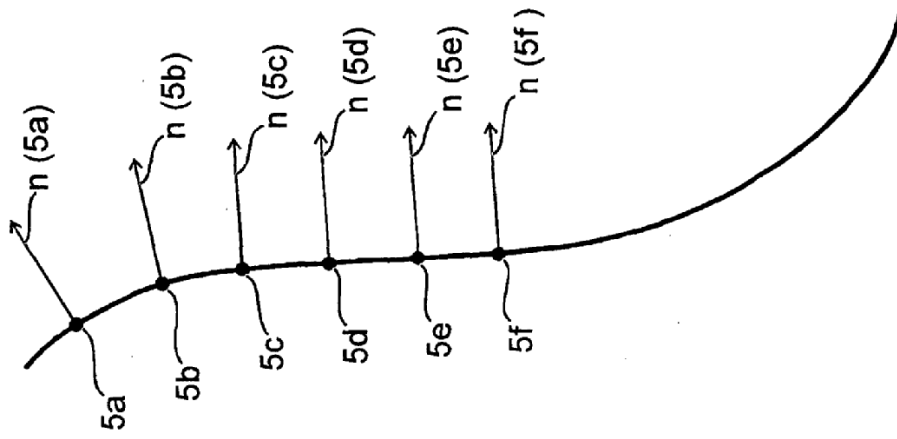


FIG. 4

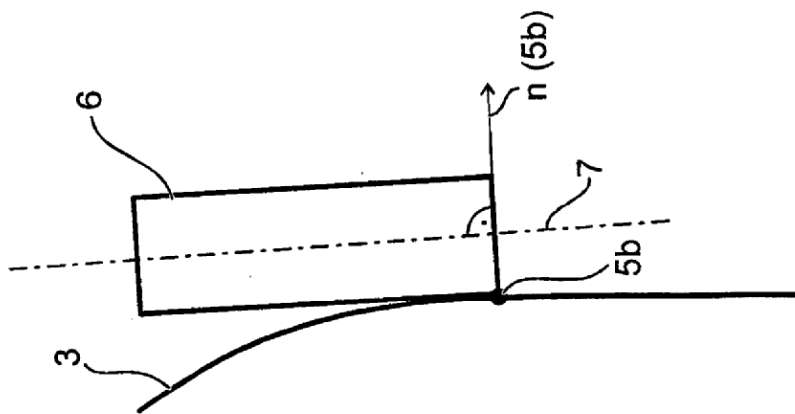


FIG. 5

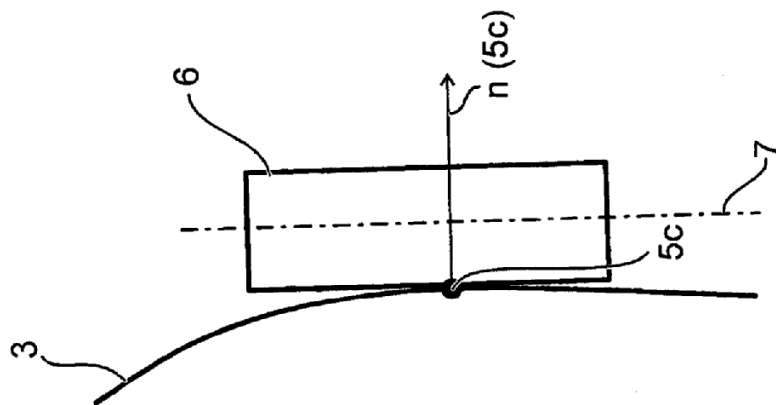
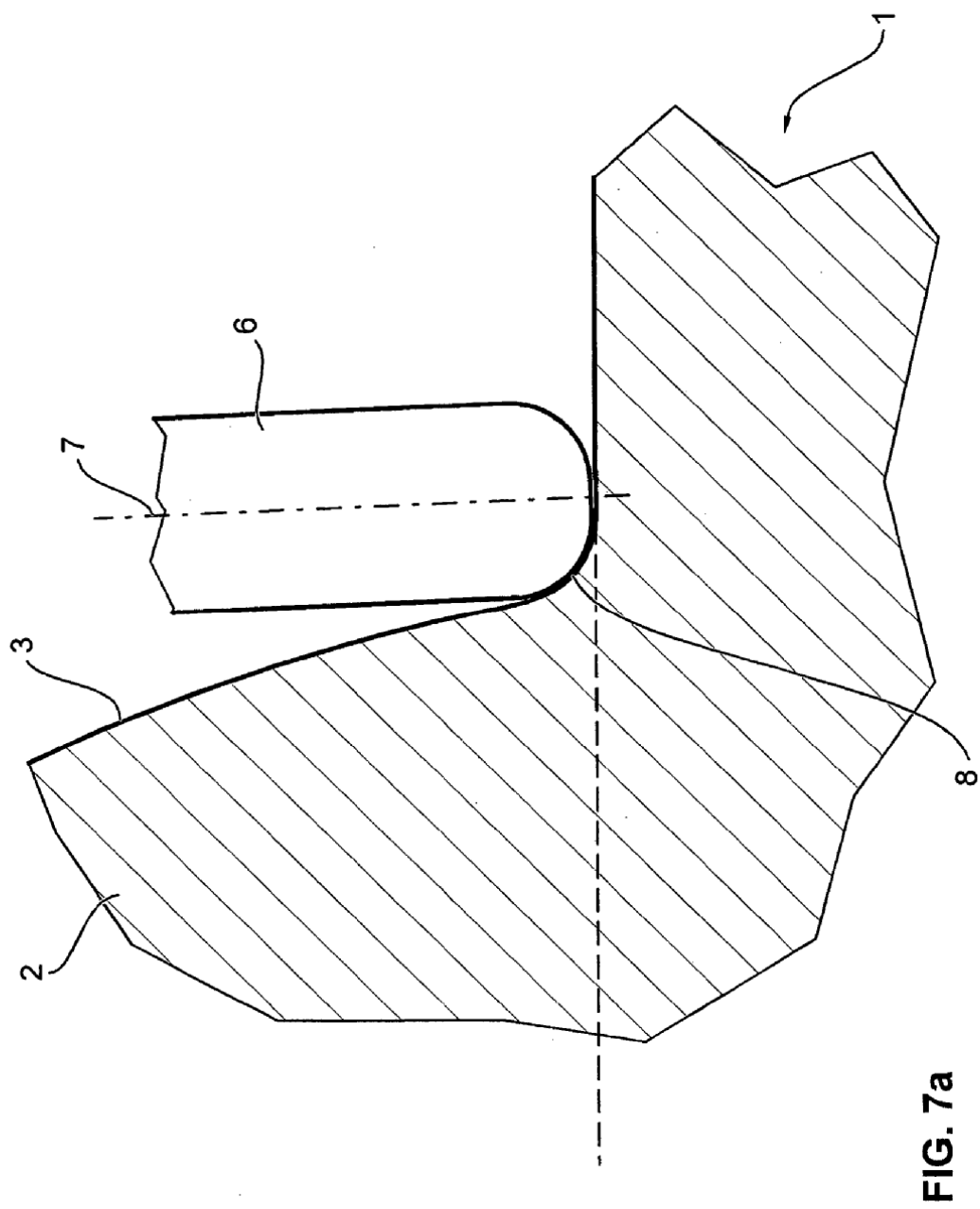


FIG. 6



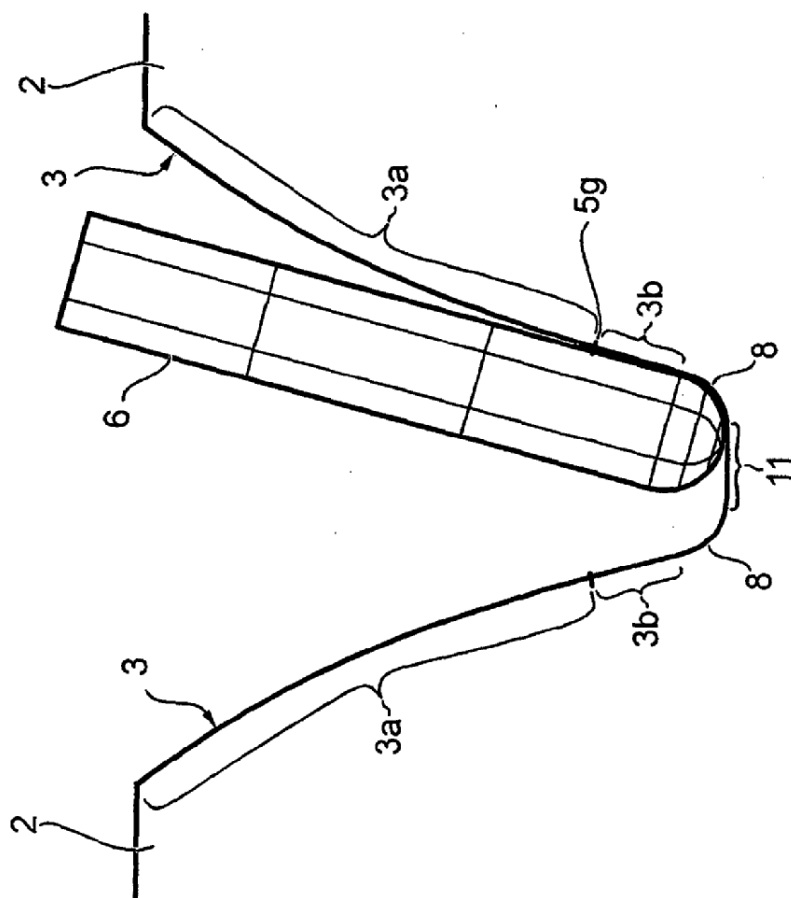


FIG. 7B

Fig. 8

