

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 353**

51 Int. Cl.:

B23F 5/04 (2006.01)

B23F 5/22 (2006.01)

B23F 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2015 PCT/IB2015/054604**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15193839**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2015 E 15732444 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018 EP 3157703**

54 Título: **Método para el acabado de engranajes endurecidos**

30 Prioridad:

18.06.2014 IT BO20140339

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

25.04.2018

73 Titular/es:

**SAMP S.P.A. CON UNICO SOCIO (100.0%)
Via Saliceto 15
Bentivoglio, IT**

72 Inventor/es:

**LANDI, ENRICO y
PEIFFER, KLAUS**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 665 353 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para el acabado de engranajes endurecidos

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para el acabado en seco de engranajes que tienen un rango de módulo de 1,00 - 3,50 [mm].

10 Este tipo de engranajes se utiliza en particular para transmisiones de automóvil que requieren altos rendimientos en términos de potencia transmitida, baja emisión de ruido y eficiencia. Este resultado se logra por medio de engranajes rectificadas endurecidos (con una dureza superficial de al menos 54 [HRC]). De hecho, este tipo de engranajes proporciona actualmente la mejor relación calidad/precio.

15 El rendimiento de los engranajes se determina principalmente por la geometría y la estructura superficial de los flancos de engranaje. Aunque la zona de raíz de diente, así como la zona de transición entre la raíz de diente y los flancos (zona de acuerdo) es de cierta importancia, todavía hoy día la mayoría de los engranajes de transmisión no reciben acabado en estas zonas después del proceso de endurecimiento, sino que reciben acabado solamente en sus flancos.

20 Antecedentes de la invención

Es conocido el hecho de producir dichos engranajes por medio de las operaciones siguientes: corte de dientes en una pieza cilíndrica hecha de metal blando ("verde") (realizado por medio de uno o varios procesos posteriores, en particular tallado o conformación y desbarbado) y endurecimiento.

Con referencia a dichas operaciones, el proceso de endurecimiento da lugar inevitablemente a cambios en el perfil del engranaje, el avance y el paso en particular: altera la macrogeometría del diente. Por lo tanto, dado que la calidad geométrica y superficial de los dientes de engranaje dependen de la secuencia de los procesos que experimentan, los engranajes endurecidos destinados a un uso de altas prestaciones se someten inevitablemente a posteriores operaciones de acabado, en particular operaciones de rectificado, con el fin de obtener la mejor calidad y exactitud superficiales posibles. Para una nivelación completa de todas las imperfecciones de la geometría del engranaje debidas al maquinado de metal blando ("maquinado verde" y debido a la distorsión durante el endurecimiento, se necesita una extracción de material total mínima normal al flanco del engranaje de $q \geq 0,03x m$ [mm], donde m es el módulo del engranaje.

Los procesos de rectificado de dichos engranajes endurecidos, además de producir virutas, generan altas cantidades de calor. Solamente un mínimo de este calor puede ser quitado por las virutas y por la herramienta, y por lo tanto se usan aceites lubricantes o emulsiones, que tienen la finalidad de: enfriar el componente con el fin de evitar que el engranaje demasiado caliente se dañe durante el proceso de rectificado. En particular, si el engranaje está demasiado caliente ("quema"), el endurecimiento se deteriora y la superficie del engranaje ya no es adecuada para el uso requerido.

Sin embargo, el uso de aceite lubricante implica varias desventajas:

- 45 - sistemas complejos y grandes para suministrar aceite y para hacer volver el aceite de la máquina, filtrar virutas del aceite y enfriar el aceite a una cierta temperatura.
- 50 - costos de gestión para mantener limpia la zona que rodea las máquinas;
- equipo adicional para limpiar el aceite que queda de los engranajes rectificadas;
- costos de mantenimiento para sustituir el aceite lubricante;
- 55 - costos de desecho del aceite lubricante usado, mezclado con virutas de metal;
- costos de protección y atención sanitaria para los operadores a causa del contacto y la inhalación de aceite lubricante.

60 Con el fin de evitar el uso de aceite lubricante, se conocen procesos de tallado en seco de engranajes endurecidos. Sin embargo, la calidad superficial obtenida por estos procesos no es suficiente para aplicaciones de transmisión de automóvil. Además, también se conocen procesos de rectificado en seco con tiempos de producción sumamente largos (por ejemplo, tales procesos se describen en "Innovative Zahnradfertigung", ed. Expert Verlag, 1986, ISBN-13: 978-3-8169-1871-4), pero estos procesos no son adecuados para la producción de engranajes de transmisión de automóvil con tiempos de maquinado muy cortos (pocos segundos).

Descripción de la invención

5 La finalidad de la presente invención es la realización en tiempos competitivos (en unos pocos segundos) de engranajes endurecidos que tienen un acabado superficial alto por medio de procesos de acabado en seco (a saber, sin aceite lubricante). En particular, la finalidad de la presente invención es proporcionar un método para el rectificado de engranajes endurecidos sin usar aceite lubricante y en tiempos competitivos.

10 La finalidad de la presente invención es proporcionar un método para maquinar engranajes endurecidos según la reivindicación 1 y según las reivindicaciones siguientes.

Breve descripción de los dibujos

15 La presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que representan ejemplos de realizaciones no limitadoras, donde:

La figura 1 es una vista en planta de un engranaje endurecido durante un primer paso de maquinado.

La figura 2 es similar a la figura 1 y representa el engranaje endurecido en un segundo paso de maquinado.

20 La figura 3 es similar a la figura 1 y representa una realización alternativa según el método de la presente invención.

La figura 4 es un esbozo de un diente de engranaje de un engranaje endurecido antes del maquinado.

25 Las figuras 5 y 6 son detalles ampliados de zonas la I y IIa de la figura 1 y, respectivamente, la figura 2.

Las figuras 7 y 8 son vistas esquemáticas de un engranaje endurecido durante un primer y, respectivamente, un segundo pasos de maquinado por medio de herramientas en forma de disco.

30 Y las figuras 9 y 10 son detalles ampliados de las zonas Ib y IIb de la figura 7 y, respectivamente, la figura 8.

Mejor modo para realizar la invención

35 En las figuras 1 y 2, 1 indica en conjunto una máquina herramienta para el acabado de engranajes, que incluye una plataforma de soporte de pieza 2, que descansa de forma conocida e ilustrada esquemáticamente en un plano de soporte P1, un husillo de soporte de pieza 3, que tiene un eje rotacional C montado (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente) en la plataforma de soporte de pieza 2, y una unidad de corte 4. El eje C es sustancialmente perpendicular al plano P1.

40 La unidad de corte 4 incluye una base 5 que tiene una guía 6, una corredera 7, que, a su vez, incluye una guía 8 montada deslizantemente (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente) dentro de la guía 6, y un dispositivo operativo 14 (de tipo conocido e ilustrado esquemáticamente) que puede leer la posición de la corredera 7 a lo largo de la guía 6. Como se ilustra, la corredera 7 está montada deslizantemente en un plano P2 paralelo al eje C del husillo de soporte de pieza 3, y sustancialmente perpendicular al plano de soporte P1. La corredera 7 incluye dos elementos de soporte 15, 16 que son sustancialmente perpendiculares al plano P2.

45 La unidad de corte 4 incluye un eje 9, que tiene un eje rotacional B y está montado con sus extremos en los elementos de soporte 15, 16 (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente). El eje 9 es rotativo alrededor del eje B.

50 La unidad de corte 4 incluye un motor 10 (de tipo conocido e ilustrado esquemáticamente) que puede girar el eje 9 alrededor del eje B. Preferiblemente, el eje B es paralelo al plano P2.

55 La unidad de corte 4 incluye una herramienta de corte 11 con bordes cortantes definidos y una herramienta de corte 12 con bordes cortantes no definidos que están montadas en el eje 9 y están mutuamente espaciadas a lo largo del eje B.

60 La herramienta de corte 11 con bordes cortantes definidos es de un tipo conocido e incluye una pluralidad de elementos cortantes que tienen perfiles preestablecidos con ángulo de corte conocido, ángulo de desahogo superior y ángulos de inclinación inferiores. Este tipo de herramienta es especialmente adecuado para quitar material grande y no uniformemente distribuido y las virutas Quitadas son capaces de quitar la mayor parte del calor de proceso. Por lo tanto, estas herramientas son adecuadas para operaciones de corte en seco.

65 La herramienta de corte 12 con bordes cortantes no definidos es de tipo conocido e incluye una pluralidad de elementos cortantes que tienen formas y distribución no definidas (que en general tienen un ángulo de inclinación negativo). Este tipo de herramientas llevan a cabo procesos abrasivos para el acabado superficial del producto maquinado. La extracción de virutas con la herramienta de corte 12 con bordes cortantes no definidos se basa en la

deformación plástica y el rozamiento entre la herramienta de corte 12 y engranaje I a maquinar y, por lo tanto, genera grandes cantidades de calor dependiendo de la cantidad de material quitado.

5 Ambas herramientas de corte, es decir, la herramienta de corte 11 con bordes cortantes definidos y la herramienta de corte 12 con bordes cortantes no definidos, pueden ser tornillos sinfín cilíndricos o pueden ser del tipo en forma de disco.

10 Además, la máquina 1 incluye una unidad de control 13 que está acoplada (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente) con el husillo de soporte de pieza 3, el dispositivo operativo 14 de la corredera 7, y el motor 10. La unidad de control 13 regula la traslación de la corredera 7 en el plano P2, la rotación del eje 9 y la rotación del husillo de soporte de pieza 3 para sincronizar y enganchar, en el uso, un engranaje I montado en el husillo de soporte de pieza 3 con la herramienta de corte 11 con bordes cortantes definidos y, posteriormente, con la herramienta de corte 12 con bordes no definidos (como se explica mejor a continuación).

15 En las figuras 1 y 2, 11a indica una herramienta de corte con bordes cortantes definidos y, respectivamente, 12a indica una herramienta de corte con bordes cortantes no definidos que son herramientas cilíndricas de tornillo sinfín. Por ejemplo, la herramienta de corte 11a es una fresa madre y la herramienta de corte 12a es una muela roscada.

20 Como se representa en las figuras 5 y 6, las herramientas cilíndricas de tornillo sinfín 11a y 12a tienen perfiles rectos. Por lo tanto, la evolvente de engranaje es generada por una cinemática adicional que es un movimiento rodante rotativo continuo del engranaje I a maquinar sincronizado con la rotación de cada herramienta de corte 11a y 12a. Debido a la ausencia de la indexación no productiva con respecto al maquinado con las herramientas de corte 11b y 12b de tipo en forma de disco (como se verá con más detalle más adelante), las herramientas de corte 11a y 12a aumentan, ventajosamente, la productividad y, por lo tanto, justifican la complejidad adicional del movimiento rodante en la producción en serie. En particular, las herramientas cilíndricas de tornillo sinfín 11a y 12a son ventajosas para la producción en serie de engranajes pequeños con rango de módulo m incluido entre 1,00 y 3,50 [mm].

30 En la figura 7, 11b indica una herramienta de corte de tipo en forma de disco y con bordes cortantes definidos. En la figura 8, 12b indica una herramienta de corte de tipo en forma de disco y con bordes cortantes no definidos.

Por ejemplo, la herramienta de corte 11b es una fresa y la herramienta de corte 12b es un disco de amolado.

35 Como se puede ver en las figuras 9 y 10, las herramientas de corte 11b y 12b de tipo en forma de disco tienen el perfil exacto del espacio de diente del engranaje I a maquinar y operan en base de diente por diente.

40 A causa de la ausencia de la cinemática adicional (es decir, el movimiento rodante rotativo continuo del engranaje I a maquinar sincronizado con la rotación de cada herramienta 11a y 12a), las herramientas de corte del tipo de disco 11b y 12b requieren una cinemática más simple, pero precisan tiempo no productivo adicional para indexar las herramientas de corte 11b y 12b de diente a diente. Por lo tanto, las herramientas del tipo de disco de corte 11b y 12b se dedican ventajosamente a máquinas grandes y la producción de engranajes grandes. La figura 3 representa una realización alternativa 101 de la máquina ilustrada en la figura 1 en una primera configuración de trabajo. Los componentes iguales a los de la máquina 1 conservan la misma numeración en cientos.

45 Según la realización ilustrada en la figura 3, la unidad de corte 104 incluye dos correderas 107a y 107b, que están montadas deslizantemente (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente) en la base 105. Cada corredera 107a (107b) incluye, a su vez, una guía 108a (108b) que está montada deslizantemente dentro de una guía 106 de la base 105, y un dispositivo operativo 114a (114b) que puede leer la posición de la corredera 107a (107b) a lo largo de la guía 106. Las correderas 107a y 107b son movidas, independientemente una de otra, a lo largo de la guía 106.

50 La unidad de corte 104 incluye un eje 109a, que tiene un eje rotacional B y está montado con sus extremos (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente) en los elementos de soporte 115a y 116a. El eje 109a es rotativo alrededor del eje B. La unidad de corte 104 incluye un motor 110a (de tipo conocido e ilustrado esquemáticamente) que puede girar el eje 109a alrededor del eje B. Preferiblemente, el eje B es paralelo al plano P2. La unidad de corte 104 incluye una herramienta de corte 111 con bordes cortantes definidos que está montada alrededor del eje 109a.

55 La unidad de corte 104 incluye un eje 109b, que tiene un eje rotacional B y está montado con sus extremos (de forma conocida e ilustrada esquemáticamente) en los elementos de soporte 115b y 116b. El eje 109b es rotativo alrededor del eje B. La unidad de corte 104 incluye un motor 110b (de tipo conocido e ilustrado esquemáticamente) que puede girar el eje 109b alrededor del eje B. Preferiblemente, el eje B es paralelo al plano P2. La unidad de corte 104 incluye una herramienta de corte 112 con bordes cortantes no definidos que está montada alrededor del eje 109b.

60 En el uso, se monta un engranaje endurecido I en el husillo de soporte de pieza 3 (103). Preferiblemente, el engranaje I tiene una dureza superficial superior a 54 [HRC] y un módulo m incluido entre 1,00 y 3,50 [mm].

65

Además, el engranaje I tiene un material total q (como se ilustra en la figura 4) a quitar, normal al flanco de engranaje f . El material total q es mayor o igual a $0,03 \times m$ [mm] ($q \geq 0,03 \times m$ [mm]) para una nivelación completa de todas las imperfecciones de la geometría del engranaje del maquinado de metal blando ("maquinado verde") y debidas a la distorsión durante el endurecimiento.

5 El método incluye un paso inicial de extracción en seco (sin aceite lubricante) de un material inicial q_1 (como se ilustra en la figura 5 o 9) del engranaje I por medio de una herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos, y un paso posterior de extracción en seco (sin aceite lubricante) de un material restante q_2 (como se ilustra en la figura 6 o 10) del engranaje I por medio de una herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no
10 definidos.

El paso de extracción inicial corrige sustancialmente las imperfecciones geométricas del flanco de engranaje f (macrogeometría) y quita casi todo el material total q . Durante el paso de extracción inicial, el engranaje I engancha la herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos. El uso de una herramienta de corte 11 (111) con
15 bordes cortantes definidos permite la extracción de una cantidad considerable de material no uniformemente distribuido. El uso de una herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos es ventajoso para el paso de extracción inicial, porque la distribución del material total q no es conocida al inicio. Además, la herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos permite la fácil extracción de posibles rebabas endurecidas que sobresalen de los bordes del engranaje endurecido I.

20 El paso de extracción posterior corrige las imperfecciones superficiales microgeométricas. Durante la extracción posterior, el engranaje I engancha la herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos. El riesgo de daño térmico en los procesos por medio de herramientas de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos (rectificado) depende mucho de la cantidad de material restante q_2 .

25 Para una producción económica, son importantes la cantidad total de material quitado (volumen V_w) y el tiempo usado para esta extracción (tiempo de corte t_c).

30 La capacidad de los procesos de corte y rectificado se describe típicamente por el volumen específico V_w y la tasa de extracción específica Q_w .

El volumen específico V_w , [mm³/mm] del material quitado se define por la relación:

$$V_{wi} = \frac{(q_i \times z \times b)}{\cos(\beta)}$$

35 donde

- i es un índice que es 1 para el paso de extracción inicial y 2 para el paso de extracción posterior (figura 4);

40 - q_i es el material a quitar [mm];

- z es el número de dientes de engranaje;

- b es la anchura de cara del flanco de engranaje f [mm];

45 - β es el ángulo de hélice del engranaje [grados].

Los parámetros z , b y β se definen por la geometría del engranaje I a trabajar.

50 El tiempo de corte t_{ci} [s] para quitar un volumen específico V_w se define por la relación:

$$t_{ci} = \frac{(b + \Delta_{zi})}{f_{zi}}$$

donde

55 - Δ_{zi} es el proceso relacionado con un recorrido extra, que es función de la geometría de la herramienta, en particular, el diámetro de la herramienta y los números de inicios [mm]; y

- f_{zi} es la tasa de alimentación que es una función de la tecnología y la geometría de la herramienta, en particular, el diámetro de la herramienta y los números de inicios [mm/min].

Debido a lo anterior, t_{c1} y t_{c2} pueden ser ajustados por los datos de proceso, en particular, la velocidad de corte, la tasa de alimentación, el diámetro de la herramienta y el número de inicios (para herramientas cilíndricas de tornillo sinfín).

- 5 El volumen específico V_{wi} y el tiempo de corte t_{ci} pueden combinarse a una tasa de extracción específica Q_{wi} [$\text{mm}^3/(\text{mm} \times \text{s})$] que define la productividad de los pasos de proceso según la relación:

$$Q_{wi} = \frac{V_{wi}}{t_{ci}}$$

En otros términos:

10

$$Q_{wi} = \frac{q_i \times z \times b}{\cos \beta \times t_{ci}}$$

La productividad general definida por la tasa de extracción específica Q_w del paso inicial de extracción en seco y el paso posterior de extracción en seco es la siguiente:

15

$$Q_w = Q_{w1} + Q_{w2} = \frac{V_{w1}}{t_{c1}} + \frac{V_{w2}}{t_{c2}}$$

En otros términos:

$$Q_{wi} = \frac{q_1 \times z \times b}{\cos \beta \times t_{c1}} + \frac{q_2 \times z \times b}{\cos \beta \times t_{c2}} = \frac{z \times b}{\cos \beta} \times \left(\frac{q_1 \times f_{z1}}{b + \Delta_{z1}} + \frac{q_2 \times f_{z2}}{b + \Delta_{z2}} \right)$$

20

Para ser competitivos con el actual acabado de engranajes duros que usa aceite lubricante, hay que lograr una tasa de extracción específica de al menos $Q_w \geq 2,5$ [$\text{mm}^3/(\text{mm} \times \text{s})$].

- 25 Debido a lo anterior, la tasa de extracción específica combinada Q_w (la productividad) solamente puede lograrse con una combinación optimizada de q_1/t_{c1} para el paso inicial de extracción en seco y q_2/t_{c2} para el paso posterior de extracción en seco.

30 Especialmente, durante el paso posterior de extracción en seco con bordes cortantes no definidos (por ejemplo. Fresado) el riesgo de daño térmico de la superficie rectificada depende mucho de la cantidad del material restante q_2 . Por lo tanto, es ventajoso mantener el material restante q_2 lo más pequeño posible.

35 Ventajosamente, después del paso de extracción inicial, el material restante q_2 es menor o igual a $0,01 \times m$ [mm] (a saber, $q_2 \leq 0,01 \times m$ [mm]) y el material inicial q_1 del paso de extracción inicial es mayor que $0,02 \times m$ [mm] (a saber, $q_1 > 0,02 \times m$ [mm]).

40 Por ejemplo, para obtener las ventajas antes indicadas, la herramienta de corte 11 es una herramienta cilíndrica de tornillo sinfín 11a (111) y los datos de proceso de la herramienta de corte 11a (111) con borde cortante definido durante el paso inicial de extracción en seco incluyen una velocidad de corte v_{c1} mayor o igual a 70 [m/min]; en concreto, la velocidad de corte v_{c1} es menor o igual a 250 [m/min] (a saber $70 \leq v_{c1} \leq 250$ [m/min]). Ventajosamente, la herramienta de corte 11a (111) con borde cortante definido incluye un diámetro de herramienta d_{01} que es mayor o igual a 50 [mm] y menor o igual a 100 [mm] (a saber $50 \leq d_{01} \leq 100$ [mm]). Ventajosamente, la herramienta de corte 11a (111) con borde cortante definido incluye un número de inicios mayor o igual a 1 y menor o igual a 5 (a saber $1 \leq n_{s1} \leq 5$).

45 Por ejemplo, para lograr las ventajas antes indicadas, la herramienta de corte 12 es un tornillo sinfín cilíndrico 12a (112) y los datos de proceso de la herramienta de corte 12a (112) con borde cortante no definido durante el paso posterior de extracción en seco incluyen una velocidad de corte V_{c2} mayor o igual a 30 [m/s]; en particular, la velocidad de corte v_{c2} es menor o igual a 100 [m/s] (a saber $30 \leq v_{c2} \leq 100$ [m/s]). Ventajosamente, la herramienta de corte 12a (112) con borde cortante no definido incluye un diámetro de herramienta d_{02} que es mayor o igual a 100 [mm] y menor o igual a 320 [mm] (a saber $100 \leq d_{02} \leq 320$ [mm]). Ventajosamente, la herramienta de corte 12a (112) con borde cortante no definido incluye un número de inicios mayor o igual a 1 y menor o igual a 7 (a saber $1 < n_{s2} < 7$).

50

Según dicho método, el material inicial q_1 quitado por medio de una herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos es en porcentaje la porción mayor del material total q a quitar. El corte por medio de una herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos permite la corrección de imperfecciones geométricas y la extracción rápida de la mayor parte del material q .

5 Por lo tanto, el paso de extracción posterior por medio de la herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos tiene lugar en un engranaje I que tiene un material restante q_2 sumamente pequeño. Como resultado, el calor en el proceso en seco de la herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos es suficientemente bajo de modo que el endurecimiento no se estropea y la superficie del engranaje sigue siendo adecuada para el uso requerido.

10 Entonces, el tiempo de corte de la herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos es más largo que el tiempo de corte de la herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos, pero es suficiente para completar el proceso de maquinado completo del engranaje I en un tiempo competitivo (unos pocos segundos).

15 Dado que el material restante q_2 es muy pequeño ($q_2 \leq 0,01x \text{ m [mm]}$), los sensores de control actualmente usados en máquinas herramienta para determinar la posición rotacional del engranaje I con el fin de engranarlo perfectamente con la herramienta (112) no son capaces de detectar tal cantidad de material restante q_2 con suficiente exactitud para regular el proceso consiguientemente. Por lo tanto, los pasos de dicho proceso no se pueden llevar a cabo en dos máquinas separadas, dado que el margen de error de los sistemas de control conocidos es mayor que el material restante q_2 a quitar, haciendo así imposible el correcto ajuste/engrane de la herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos.

20 La preparación en una misma máquina 1 (101) de una herramienta de corte 11 (111) con bordes cortantes definidos para el paso de extracción inicial y una herramienta de corte 12 (112) con bordes cortantes no definidos para el paso de extracción posterior permite superar el problema relacionado con la exactitud de los sensores de control para ajustar el proceso de rectificado, dado que el paso de extracción inicial (tallado para quitar q_1) y el paso de extracción posterior (rectificado para quitar q_2) se ajustan según el material total q y según los parámetros del proceso detectados por la unidad de control 13 (113).

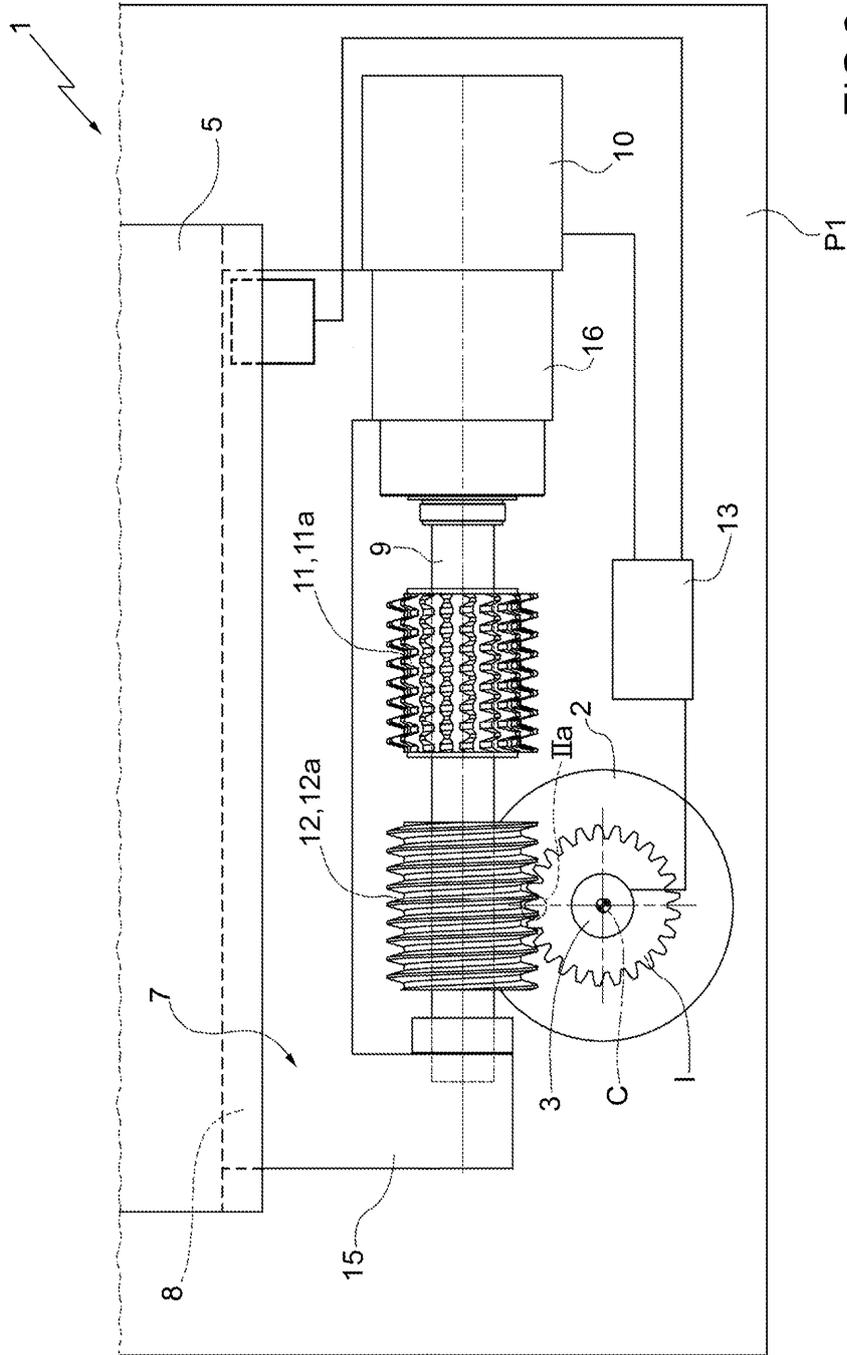
25 Además, la planificación de ambos pasos de maquinado en una misma máquina 1 (101) permite reducir los tiempos de preparación de la máquina relacionados con la carga/descarga del engranaje I en el husillo de soporte de pieza 3 (103).

30 Dado que los pasos de dicho método son en seco (sin aceite lubricante), la máquina 1 (101) está completamente libre de todos los inconvenientes económicos y medioambientales que derivan del uso de aceite lubricante.

REIVINDICACIONES

1. Método para el acabado de engranajes endurecidos que tiene una cantidad de material
- 5 $q \geq 0,03 \times m$
- donde
- 10 q = material total a quitar y normal a un flanco de engranaje (f) [mm];
- m = módulo de engranaje [mm];
- incluyendo dicho método
- 15 - un primer paso de extracción en seco de una primera cantidad de material (q_1) por medio de una primera herramienta de corte (11; 111) con bordes cortantes definidos; y
- un segundo paso de extracción en seco de una segunda cantidad de material (q_2) por medio de una segunda herramienta de corte (12; 112) con bordes cortantes no definidos.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, donde el primer paso y el segundo paso se realizan en la misma máquina (1; 101).
3. Método según la reivindicación 1 o 2, donde la primera cantidad de material (q_1), los datos de proceso para la primera herramienta de corte (11; 111) durante el primer paso de extracción en seco, la segunda cantidad de material (q_2) y los datos de proceso para la segunda herramienta de corte (12; 112) durante el segundo paso de extracción en seco se ajustan con el fin de obtener una tasa de extracción específica combinada (Q_w) de al menos $2,5 \text{ [mm}^3\text{/(mm} \times \text{s)]}$.
- 25 4. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el engranaje endurecido (l) tiene una dureza superficial de al menos 54 [HRC].
5. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el valor del módulo m es $1,00 \leq m \leq 3,50$ [mm].
- 35 6. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde, después del primer paso de extracción en seco, la segunda cantidad de material (q_2) es menor o igual a $0,01 \times m$ [mm]; donde m es el valor del módulo del engranaje (l); en particular, la primera cantidad de material (q_1) es mayor o igual a $0,02 \times m$ [mm].
7. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el primer paso y el segundo paso se realizan en sucesión directa en un mismo engranaje (l).
- 40 8. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el engranaje (l) a acabar está fijado en un mismo husillo de soporte de pieza (3; 103) durante los pasos primero y segundo; y donde el engranaje (l) está fijado en una única estación de trabajo (S) durante los pasos primero y segundo.
- 45 9. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la primera herramienta (11; 111) y la segunda herramienta (12; 112) están montadas en un mismo eje (9).
10. Método según alguna de las reivindicaciones 1-8, donde la primera herramienta (111) está montada en un primer eje (109a) y la segunda herramienta (112) está montada en un segundo eje (109b); donde la primera herramienta (111) y la segunda herramienta (112) son operadas independientemente.
- 50 11. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la primera herramienta de corte (11; 111) y la segunda herramienta de corte (12; 112) son herramientas del tipo de disco; en particular, la primera herramienta de corte (11; 111) con bordes cortantes definidos es una fresa (11b) y la segunda herramienta de corte con bordes cortantes no definidos es un disco de amolado (12b).
- 55 12. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la primera herramienta de corte (11; 111) y la segunda herramienta de corte (12; 112) son herramientas cilíndricas de tornillo sinfín; en particular, la primera herramienta de corte con bordes cortantes definidos es una fresa madre (11a) y la segunda herramienta de corte (12; 112) con bordes cortantes no definidos es una muela roscada (12a).
- 60 13. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde los datos de proceso de la primera herramienta de corte (11a; 111) con borde cortante definido incluyen una velocidad de corte que es mayor o igual a 70 [m/min].
- 65

14. Método según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde los datos de proceso de la segunda herramienta de corte (12a; 112) con borde cortante no definido durante el segundo paso de extracción en seco incluyen una velocidad de corte que es mayor o igual a 30 [m/s].



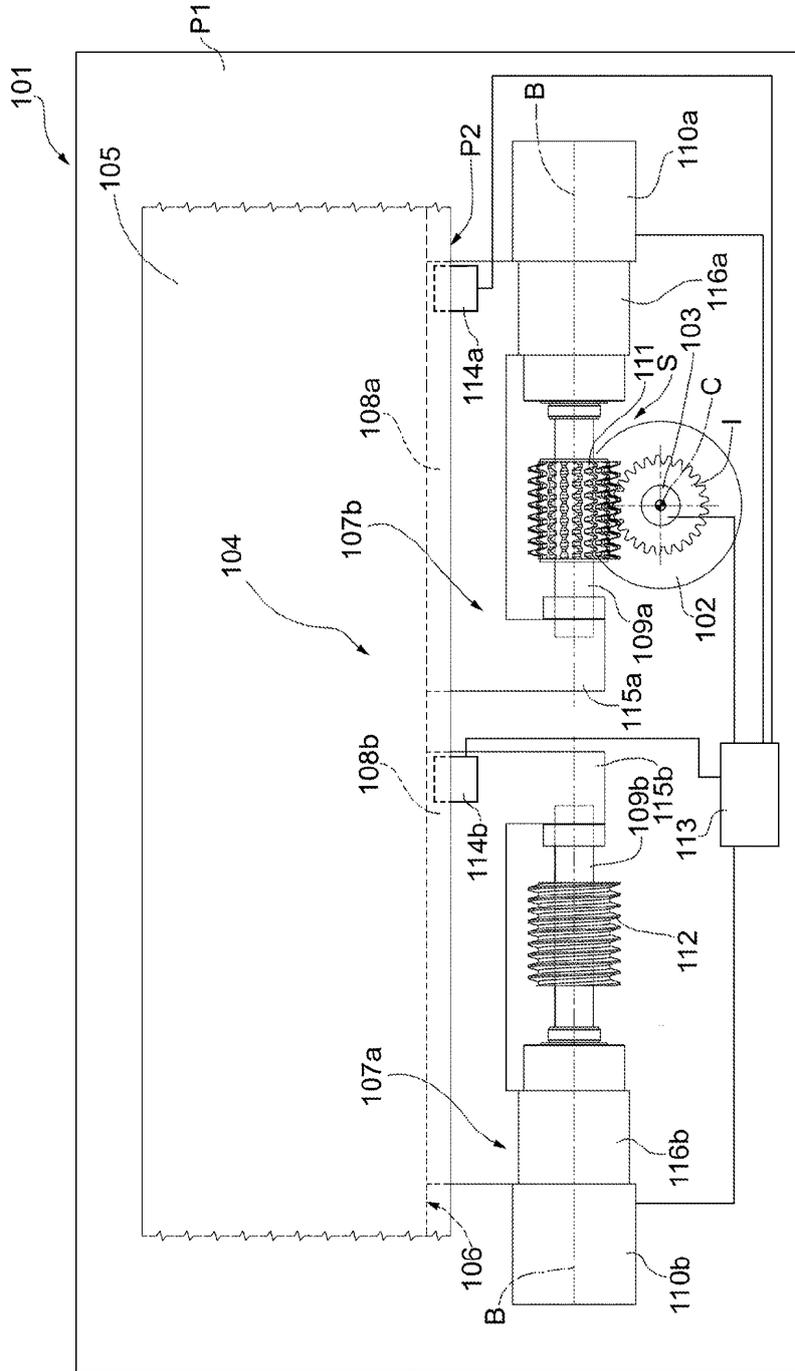


FIG.3

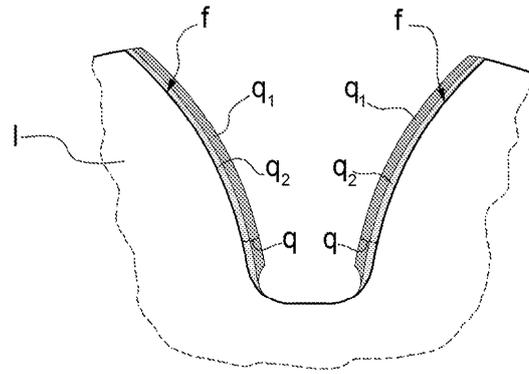


FIG. 4

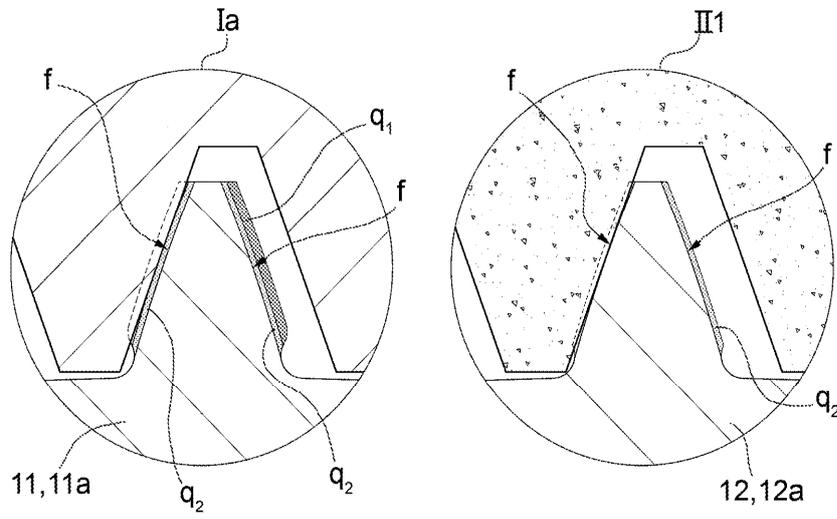


FIG. 5

FIG. 6

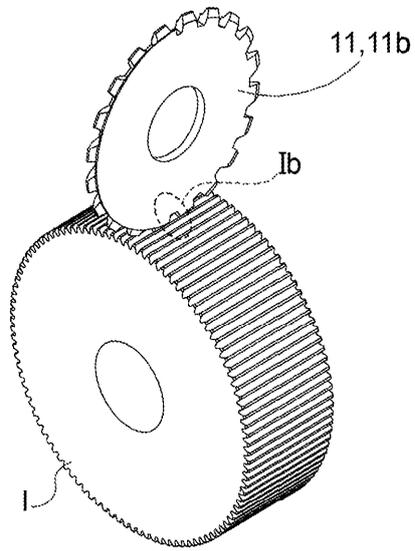


FIG. 7

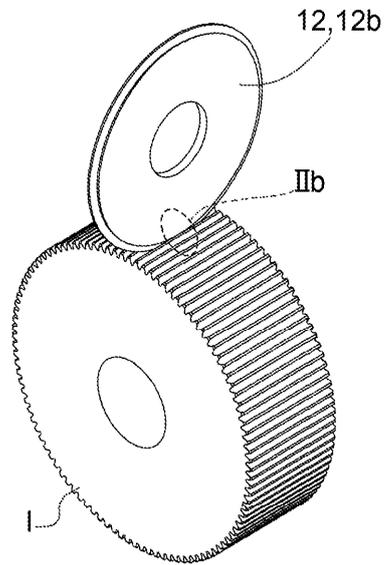


FIG. 8

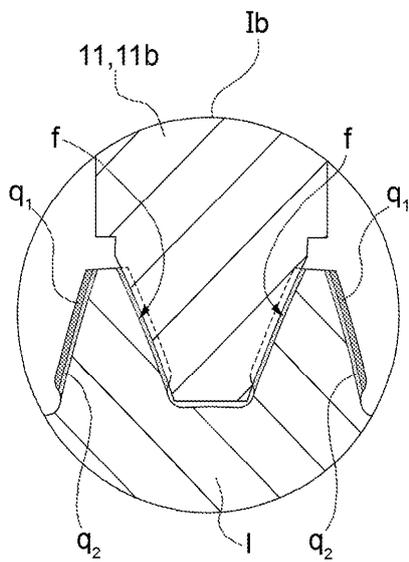


FIG. 9

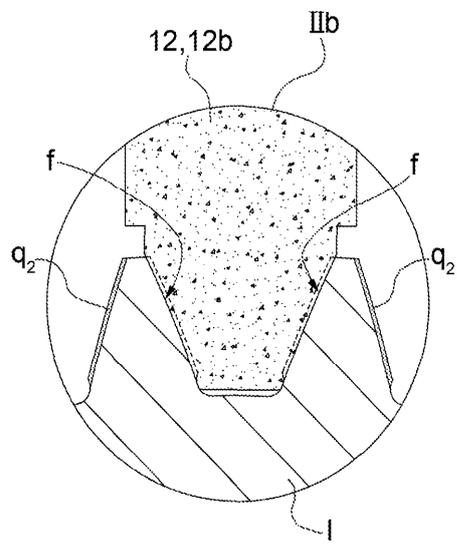


FIG. 10