

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 610**

51 Int. Cl.:

**B21K 1/30** (2006.01)

**B21K 1/76** (2006.01)

**B21J 5/02** (2006.01)

**F16D 3/41** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.04.2012 PCT/AT2012/000086**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13149271**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2012 E 12721691 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 2834029**

54 Título: **Procedimiento para mecanizar una pieza funcional**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.02.2018**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP PRESTA  
AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Essanestrasse 10  
9492 Eschen, LI**

72 Inventor/es:

**KEPPLER-OTT, THOMAS y  
KIRMSZE, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 652 610 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para mecanizar una pieza funcional

La invención se refiere a un procedimiento para mecanizar una pieza funcional, que se extiende en una dirección longitudinal, a una superficie envolvente, que rodea un eje central longitudinal de la pieza funcional que discurre en la dirección longitudinal, y a una superficie frontal que delimita la pieza funcional en un extremo libre en dirección axial, en donde se aprieta un troquel que puede trasladarse en la dirección longitudinal de la pieza funcional sobre la superficie frontal de la pieza funcional, mientras que la pieza funcional se encuentra primero al menos a lo largo de un tramo parcial que se conecta a su extremo libre de su extensión longitudinal en una cavidad de una herramienta, la cual está delimitada en dirección radial, con relación al eje central longitudinal, por una superficie de pared que rodea la superficie envolvente y hace contacto al menos parcialmente con la superficie envolvente.

En muchas piezas funcionales, p.ej. ruedas dentadas rectas o pivotes, en especial de cruces de pivotes (=cruces articuladas) de articulaciones cardánicas, existe el problema general de que se pretende conseguir mediante un procedimiento de fabricación lo más sencillo posible un contorno funcional, configurado lo más largo posible en comparación con el tamaño constructivo con relación a la dirección axial. Por ejemplo en el caso de una rueda dentada recta, el dentado forma un contorno funcional de este tipo a través de un tramo de la extensión axial (=tramo funcional) de la rueda dentada recta, a través de la cual existen dientes con el tamaño y la forma previstos al menos fundamentalmente. En el caso de un muñón, la superficie envolvente del muñón es el contorno funcional a lo largo del tramo de la extensión axial (=tramo funcional) del muñón, en el que la superficie envolvente está configurada cilíndricamente al menos fundamentalmente.

Asimismo el contorno funcional debe presentar una elevada precisión dimensional a lo largo de su extensión axial, en especial en cuanto a una separación lo más constante posible a lo largo de la extensión del contorno funcional respecto al eje central longitudinal de al menos un elemento característico del contorno funcional. Los muñones deben presentar una forma cilíndrica lo más exacta posible al menos a lo largo de un tramo funcional de su extensión axial, es decir, la superficie envolvente del muñón debe corresponderse, al menos a lo largo de esta zona de la extensión axial del muñón, lo más precisamente posible con una envuelta cilíndrica, en especial una envuelta de un cilindro circular, para configurar una buena superficie de rodadura para cuerpos rodantes, en especial agujas. Para conseguir un buen engrane de los dientes, que pueda transmitir también cargas elevadas, en el caso de ruedas dentadas rectas la separación a la línea de referencia perfilada, es decir aquella línea a lo largo de la cual el grosor de diente es igual a la anchura del hueco, debe presentar a lo largo de la extensión axial del dentado una separación lo más constante posible respecto al eje central longitudinal.

Las ruedas dentadas rectas se conocen también con el término de ruedas de dientes rectos o ruedas cilíndricas. En la norma DIN 3960 de marzo de 1987 se describen unas ruedas dentadas rectas, que forman unas piezas funcionales de la clase citada al comienzo. El término "línea de referencia perfilada" se define para una rueda dentada recta, como se deduce en especial de la DIN 867 de febrero de 1986 en el apartado 3.2 y la figura 1. Como se ha mencionado, el dentado forma un contorno funcional que se extiende a lo largo de un tramo funcional de la rueda dentada recta. El tramo funcional puede comprender a este respecto una parte de la extensión axial de la rueda dentada recta o extenderse por toda la extensión axial de la rueda dentada recta. En el caso de una rueda dentada recta con dentado recto los peines dentados se extienden en paralelo al eje central longitudinal, mientras que en el caso de ruedas dentadas rectas con dentado oblicuo forman con los mismos un ángulo distinto a cero grados, en donde la separación respecto al eje central longitudinal debe ser respectivamente constante.

Las ruedas dentadas rectas se fabrican convencionalmente mediante extrusión en frío. La fabricación de una rueda dentada recta mediante extrusión en frío se deduce por ejemplo del documento EP 0 560 010 A1. Las dos matrices (=mitades del molde) presentan unos canales alineados, que discurren en ángulo recto respecto al plano de separación entre las matrices y en los que se inserta una pieza en bruto. Desde ambos lados se trasladan unos troqueles de prensado a través de los canales contra la pieza en bruto cilíndrica, con lo que se produce un flujo de material de la pieza en bruto en unas escotaduras radiales de los canales de las matrices. El flujo de material que configura los dientes se realiza de este modo transversalmente a la dirección en la que se trasladan los troqueles de prensado. Las cruces de pivotes (=pivotes articulados) con muñones, en donde los ejes centrales longitudinales de los muñones está situados en un plano y los ejes centrales longitudinales de muñones consecutivos están situados respectivamente en ángulo recto entre ellos, o los tripodes en los que en un plano están situados tres muñones, cuyos ejes centrales longitudinales forman respectivamente un ángulo de 120° entre ellos, se fabrican convencionalmente también mediante extrusión en frío, en especial extrusión en frío transversal. La fabricación de una cruz de pivotes mediante extrusión en frío, en especial extrusión en frío transversal, se deduce por ejemplo del documento DE 2819167 A1. Las dos matrices (=mitades del molde) presentan a su vez unos canales alineados, que discurren en ángulo recto respecto al plano de separación entre las matrices, que aquí están configurados cilíndricamente y en los que se inserta una pieza en bruto. Desde ambos lados se trasladan unos troqueles de prensado a través de los canales cilíndricos contra la pieza en bruto cilíndrica, con lo que se produce un flujo de material de la pieza en bruto en unas escotaduras de las matrices, que se conectan a los canales cilíndricos en la zona del plano de separación y presentan la forma de los pivotes a configurar. El flujo de material que configura los pivotes se realiza de este modo transversalmente a la dirección en la que se trasladan los troqueles de prensado. Los muñones forman aquí unas piezas funcionales de la cruz de pivotes.

5 Para la fabricación de piezas funcionales de la clase citada al comienzo, que presenten un contorno funcional, mediante extrusión en frío, al menos una parte de la superficie frontal y/o una zona de la superficie de la pieza funcional, situada en la transición entre la superficie envolvente y la superficie frontal, está formada en el caso de un extremo libre de la pieza funcional por una superficie de forma libre. Es decir, en la extrusión en frío el material de la pieza funcional no discurre en la zona de la superficie de forma libre contra una pared de la herramienta de prensado, es decir, llega hasta una pared de una de las matrices o de uno de los troqueles de prensado. Una superficie de forma libre de este tipo forma una elevación convexa hacia fuera de la pieza funcional, y en general la transición entre esta superficie de forma libre y el contorno funcional delimita el tramo funcional de la pieza funcional.

10 Para mejorar la longitud del tramo funcional de una rueda dentada recta, en el documento EP 0 560 010 A1 se proponen una técnica y un movimiento de herramienta complejos. Para mejorar la exactitud de medida del contorno funcional se conocen en el estado de la técnica diferentes procedimientos para el mecanizado posterior del componente. Para ello puede llevarse a cabo por ejemplo una operación de rectificado u otro procedimiento de mecanización por arranque de virutas. Las operaciones de mecanización por arranque de virutas, sin embargo, tienen el inconveniente de que las mismas consumen mucho tiempo y son costosas, de tal manera que las operaciones de mecanización por arranque de virutas de este tipo deben evitarse en lo posible. Del documento EP 15 089 1825 B1 es conocido, en el caso de muñones, aquí en especial en trípodes, llevar a cabo para el tratamiento posterior una operación de rodadura después de la extrusión en frío. Con esta operación de rodadura pueden introducirse, si así se desea, unas ranuras que circulan alrededor de los muñones en la superficie envolvente del muñón.

20 Del documento WO 2005/037459 A1 se deduce un procedimiento de conformación del género expuesto, en el que una pieza en bruto cilíndrica se inserta en el dispositivo y durante el proceso de conformación se conforma con una fuerza aplicada con unos troqueles. Una parte de la herramienta que rodea el troquel respectivo puede moverse a este respecto en contra de la dirección en la que se introduce a presión el troquel respectivo, para dejar al descubierto poco a poco una cavidad en la que se realiza la conformación.

25 La tarea de la invención consiste en poner a disposición una pieza funcional con una conformación mejorada de un contorno funcional, en donde la pieza funcional debe poder fabricarse de forma sencilla.

Esto se consigue conforme a la invención mediante un procedimiento para mecanizar una pieza funcional con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen unos perfeccionamientos ventajosos de la invención.

30 En el procedimiento conforme a la invención se aprieta un troquel que puede trasladarse en la dirección longitudinal de la pieza funcional contra la superficie frontal de la pieza funcional, mientras que la pieza funcional primero se encuentra en una cavidad de una herramienta, al menos a lo largo de un tramo parcial de su extensión longitudinal que se conecta a su extremo libre. Esta cavidad se delimita en dirección radial, con relación al eje central longitudinal de la pieza funcional, mediante una superficie de pared que rodea la superficie envolvente de la pieza funcional y que hace contacto al menos en parte con la superficie envolvente. En este estado se extrae de la pieza funcional la herramienta a lo largo de un recorrido de extracción, a través del extremo libre de la pieza funcional; mientras que el troquel permanece presionado contra la superficie frontal de la pieza funcional al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción. A este respecto la herramienta produce un flujo de material del material de la pieza funcional durante la extracción de la herramienta. Mediante este flujo de material puede conseguirse una mejora del contorno funcional de la pieza funcional. De este modo se consigue que se aumente la extensión axial del contorno funcional y/o se mejore la exactitud de medida del contorno funcional a lo largo de su extensión axial, en especial en cuanto a que el valor de un parámetro del contorno funcional permanezca constante a lo largo de la extensión axial del contorno funcional.

45 Este paso del proceso, que se usa para mejorar el contorno funcional del componente funcional, puede recibir el nombre de paso de calibración.

50 En el caso de la pieza funcional configurada conforme a la invención puede tratarse de una rueda dentada recta o de un muñón, en especial de una cruz de pivotes. En el caso de una rueda dentada recta el dentado forma el contorno funcional a través de un tramo de la extensión axial de la rueda dentada recta, a lo largo del cual la línea de referencia perfilada del dentado presenta una separación al menos fundamentalmente constante respecto al eje central longitudinal. Fundamentalmente constante significa aquí que la separación de la línea de referencia perfilada respecto al eje central longitudinal varía en menos del 3 %, de forma preferida en menos del 1 %. En el caso de un muñón la superficie envolvente del muñón forma el contorno funcional a través del tramo de la extensión axial del muñón, a lo largo del cual la superficie envolvente está configurada cilíndricamente al menos fundamentalmente. Fundamentalmente cilíndrico significa aquí que el diámetro de la superficie envolvente varía en menos del 3 %, de forma preferida en menos del 1 %.

55 El tramo de la extensión axial de la pieza funcional, a lo largo del cual se presenta el contorno funcional, recibe el nombre en este documento de tramo funcional de la pieza funcional.

Para el ejemplo, en el que la pieza funcional sea una rueda dentada recta, mediante el procedimiento conforme a la

invención puede conseguirse un aumento de la longitud del tramo funcional, es decir de aquella zona de la extensión axial del dentado, a lo largo de la cual la misma presenta una separación fundamentalmente constante de la línea de referencia perfilada respecto al eje central longitudinal, y/o una reducción de la variación de la separación de la línea de referencia perfilada respecto al eje central longitudinal a través de la extensión axial del tramo funcional.

- 5 Para el ejemplo, en el que la pieza funcional sea un muñón, mediante el procedimiento conforme a la invención puede conseguirse un aumento de la longitud del tramo funcional, es decir de la zona de la configuración fundamentalmente cilíndrica de la superficie envolvente, y/o una reducción de la desviación de la forma cilíndrica, en especial cilíndrico-circular, de la superficie envolvente a lo largo de la extensión axial del tramo funcional.

10 A lo largo de la extensión axial del tramo funcional del muñón puede estar prevista una cooperación con un elemento de cojinete, en especial un cuerpo rodante.

15 El recorrido, a lo largo del cual el troquel permanece presionado contra la superficie frontal de la pieza funcional al extraer la herramienta, es de forma favorable al menos del 70 %, de forma preferida al menos del 90 %, de todo el recorrido de extracción de la herramienta. Este recorrido de extracción total discurre desde la posición inicial de la herramienta hasta el punto en el que el extremo libre de la pieza funcional abandona la cavidad de la herramienta, es decir, finaliza el solape axial entre la superficie de pared de la herramienta y la superficie envolvente de la pieza funcional. El recorrido a lo largo del cual el troquel permanece presionado contra la superficie frontal de la pieza funcional es ventajosamente inferior al 100 % del recorrido de extracción. De este modo la fuerza de presión del troquel contra la superficie frontal de la pieza funcional termina por lo tanto, a más tardar, poco antes de la extracción completa de la herramienta.

20 Mediante el flujo de material producido al extraer la herramienta puede conseguirse un alisado de la superficie envolvente en el tramo funcional.

25 La pieza funcional se extruye en frío ventajosamente, en un paso del procesamiento llevado a cabo antes de la extracción de la herramienta a lo largo del recorrido de extracción, en una herramienta de prensado que presente una matriz, mediante al menos un troquel de extrusión en frío. En una primera variante de realización de la invención se extrae de la herramienta de prensado la pieza funcional después de la extrusión en frío, tras lo cual se encaja una herramienta de calibración, la cual presenta la superficie de pared que delimita la cavidad, en la dirección longitudinal de la pieza funcional sobre la pieza funcional. Después se realiza la presión del troquel contra la superficie frontal de la pieza funcional, en donde este troquel en este caso es un troquel de mecanización posterior que penetra en la cavidad de la herramienta de calibración. El troquel de mecanización posterior que penetra en la cavidad se asienta de forma favorable mediante la herramienta de calibración de forma desplazable. La herramienta de calibración está configurada de forma preferida en forma de manguito y de este modo puede recibir también el nombre de manguito de mecanización posterior.

35 En una segunda variante de realización de la invención la pieza funcional extruida en frío permanece después de la extrusión en frío en la herramienta de prensado. Una de las matrices de la herramienta de prensado o ambas matrices juntas presentan después la cavidad delimitada por la superficie de pared, la cual hace contacto al menos en parte con la superficie envolvente de la pieza funcional. La propia herramienta de prensado forma de este modo la herramienta que presenta esta cavidad, la cual en consecuencia se extrae de la pieza funcional. A este respecto el troquel, que permanece presionado contra la superficie frontal al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción, puede ser uno de los troqueles de extrusión en frío o un troquel de mecanización posterior existente adicionalmente al al menos un troquel de extrusión en frío, que penetra en la cavidad de la herramienta de prensado. En el primer caso la pieza funcional se extiende en una dirección longitudinal, que está situada en paralelo a la dirección en la que se traslada el al menos un troquel de extrusión en frío. En el segundo caso la pieza funcional se extiende en una dirección longitudinal situada para ello con un ángulo distinto a 0°, en especial en una dirección longitudinal situada para ello con un ángulo de 90°.

45 De forma correspondiente la herramienta, que se extrae para llevar a cabo el paso de calibración a través del extremo de la pieza funcional. Es la herramienta de calibración en la primera variante de realización, mientras que en la segunda forma de realización está representada por la herramienta de prensado.

50 La fuerza con la que se presiona el troquel de extrusión en frío o el troquel de mecanización posterior contra la superficie frontal de la pieza funcional, al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción de la herramienta, puede mantenerse constante o modificarse durante la extracción de la herramienta. Con ello es especialmente ventajoso que la fuerza de apriete se reduzca, y todavía mejor se regule, de forma continuada al extraer la herramienta, en especial homogéneamente.

55 En un perfeccionamiento ventajoso de la invención el troquel de mecanización posterior antes citado, que en la primera variante de realización citada anteriormente penetra en la cavidad de la herramienta de calibración separada de la herramienta de prensado y en la segunda forma de realización citada anteriormente penetra en la cavidad de la herramienta de prensado, antes de que extraiga de la pieza funcional la herramienta o herramienta de prensado separada, se presiona con tanta fuerza contra la superficie frontal de la pieza funcional, que se produce una deformación plástica de la pieza funcional con un flujo de material del material de la pieza funcional. Esta

deformación plástica de la pieza funcional actúa de esta forma en el sentido de un aplastamiento, es decir, la longitud total de la pieza funcional se reduce. La reducción de la longitud total de la pieza funcional es a este respecto tan solo pequeña (en especial inferior al 10 % de la longitud total original de la pieza funcional) y se produce fundamentalmente en la zona del extremo libre de la pieza funcional, en la que se presiona el troquel. En especial en este tramo terminal de la pieza funcional se produce un flujo material dirigido en dirección radial o un flujo de material con un componente dirigido en dirección radial. Asimismo se produce, en este tramo terminal de la pieza funcional y/o en un tramo conectado directamente al mismo de la extensión longitudinal de la pieza funcional, en una zona radial de la pieza funcional que se conecta hacia dentro a la posición radial de la superficie envolvente de la pieza funcional, un flujo de material axial dirigido hacia el extremo libre del contorno funcional o un flujo de material con un componente dirigido en esta dirección. Mediante este flujo de material puede conseguirse un aumento de la longitud axial del contorno funcional.

Durante la deformación plástica con el troquel de prensado posterior puede producirse, además del flujo de material en la zona de la superficie de forma libre en el extremo libre de la pieza funcional y en la zona conectada directamente al mismo, también un determinado flujo de material en otras zonas de la pieza funcional. Un flujo de material de este tipo, en especial al menos fundamentalmente radial, puede producirse en especial en aquellas zonas de la extensión longitudinal de la pieza funcional en las que, antes del apriete del troquel de mecanización posterior, se presenta una rendija entre la superficie envolvente de la pieza funcional y la superficie de pared de la cavidad que rodea la misma, en la que está dispuesta la pieza funcional o al menos un tramo de la extensión longitudinal de la pieza funcional que se conecta al extremo libre de la pieza funcional, cuando se presiona el troquel de mecanización posterior contra la superficie frontal de la pieza funcional. De este modo puede conseguirse también una influencia en la forma total del contorno funcional. De esta forma puede predecirse en especial un retraso de la dureza, que se produce durante el proceso de endurecimiento después del proceso de conformación, es decir, después del endurecimiento mediante una predicción así del retraso de endurecimiento la exactitud de medida del contorno funcional de la superficie envolvente es mejor, al menos a lo largo de una parte de la pieza funcional, que antes del endurecimiento. Una predicción así del retardo del endurecimiento puede realizarse con relación a la conformación en la dirección longitudinal de la pieza funcional y/o en la dirección perimétrica de la pieza funcional. Pueden producirse retardos, por ejemplo mediante diferentes cargas previas de tensión propia en diferentes zonas de la pieza funcional, que se configuran en el proceso de moldeado de la pieza funcional.

En el caso de un componente configurado conforme a la invención, la superficie frontal de la pieza funcional presenta una zona cóncava, que rodea una elevación que resalta en la dirección longitudinal de la pieza funcional. En especial esta zona cóncava rodea la elevación por completo, es decir anularmente. Si en el caso del componente se trata de una rueda dentada recta, la superficie frontal de la rueda dentada recta puede presentar una zona cóncava entre las respectivas puntas de diente y la respectiva base de diente. Esta zona cóncava rodea el eje central longitudinal de la rueda dentada recta anularmente. Con ello es posible que la zona cóncava de la superficie frontal de la rueda dentada recta presente unas interrupciones, que estén causados por el dentado, cuyos dientes se extiendan hacia la base de diente al menos hasta dentro de la zona cóncava.

La zona cóncava está formada con ello mediante una conformación. La zona cóncava está formada de forma preferida por una conformación libre, no ligada a una forma de herramienta, es decir, se trata de una superficie de forma libre.

Sin embargo es concebible y posible apoyar adicionalmente este flujo de material mediante una conformación convexa adicional del troquel de mecanización posterior. Evidentemente debería permanecer de forma preferida siempre una conformación libre no ligada a la herramienta, que configure al menos una parte de la forma cóncava, es decir, al menos una parte de la zona cóncava es una superficie de forma libre. En cualquier caso la zona cóncava no está formada mediante un tratamiento mecánico, por ejemplo mediante giro, fresado o rectificando.

Se dispone ventajosamente de dos tramos, según se contempla en un corte central longitudinal, entre la superficie envolvente y la superficie frontal o el contorno funcional y la superficie frontal así como en la zona de la superficie frontal, cuyos contornos pueden inscribirse en radios, de los que un primer punto central de radio con un primer radio está dispuesto dentro de la pieza funcional y un segundo punto central de radio con un segundo radio fuera de la pieza funcional. Con ello debe preferirse que el valor del primer radio sea inferior a una quinta parte, de forma más preferida a una décima parte, del valor del segundo radio. Además de esto debe preferirse que el valor del segundo radio sea inferior a cuatrocientas veces, de forma especialmente preferida inferior a doscientas veces, en comparación con el valor del primer radio.

En una configuración ventajosa la superficie frontal de la pieza funcional presenta en esta zona cóncava una depresión con relación a un borde perimétrico de la superficie frontal de la pieza funcional. En un corte central longitudinal a través de la pieza funcional la pieza funcional se extiende en la zona de esta depresión, de este modo, menos profundamente en la dirección longitudinal dirigida hacia el extremo libre de la pieza funcional que en la zona de la máxima extensión radial de la superficie frontal, que está situada en especial enrasada con la máxima extensión radial de contorno funcional de la superficie envolvente, al menos en la zona del borde de la superficie frontal de la pieza funcional, que está situada radialmente por fuera del punto más profundo de la citada depresión, hasta el borde de la superficie frontal de la pieza funcional.

5 Mediante la configuración conforme a la invención de la pieza funcional puede conseguirse de este modo un aumento de la extensión axial de la zona, a lo largo de la cual la superficie envolvente presenta un contorno funcional (=tramo funcional) al menos fundamentalmente con exactitud de medida. Asimismo pueden conseguirse de forma favorable unas desviaciones de la exactitud de medida. Fundamentalmente significa con ello que las desviaciones de forma referidas a la dirección radial con relación a la forma prefijada del contorno funcional son inferiores a 0,1 mm, de forma preferida inferiores a 0,05 mm y de forma más preferida inferiores a 0,01 mm. El diámetro en el que está inscrita la superficie envolvente de la pieza funcional está a este respecto preferiblemente dentro de un margen de 5 mm a 20 mm.

10 Mediante el encaje de la herramienta de calibración sobre la pieza funcional la herramienta puede producirse ventajosamente un flujo de material del material de la pieza funcional. Por lo tanto con el encaje de la herramienta se lleva a cabo un primer paso de calibración de la pieza funcional. Mediante este primer paso de calibración puede mejorarse en especial la precisión de forma del contorno funcional de la pieza funcional, es decir, pueden reducirse desviaciones de la sección transversal respecto a la forma prefijada. Mediante este flujo de material se produce una determinada reducción de la pieza funcional en su diámetro, al menos por zonas.

15 Una calibración, como la que se usa en el sentido de este documento, significa llevar a la medida con unos medios técnicos de conformación.

A continuación se explican ventajas y detalles adicionales de la invención basados en el dibujo adjunto. En el dibujo muestran:

20 la fig. 1 un corte central longitudinal a través de un muñón conforme al estado de la técnica, que está montado a través de un cojinete de aguja de forma que puede girar con relación a una horquilla articulada;

la fig. 2 un corte central longitudinal a través de un muñón configurado conforme a la invención, que está montado a través de un cojinete de aguja de forma que puede girar con relación a una horquilla articulada;

la fig. 3 una exposición esquemática de una herramienta de prensado para la extrusión en frío de una cruz de pivotes con cuatro muñones, parcialmente en corte, con pieza en bruto insertada;

25 la fig. 4 una exposición correspondiente a la fig. 3, después del proceso de prensado;

la fig. 5 una vista de la cruz de pivotes extraída de la herramienta de prensado;

las figs. 6 a 9 unas exposiciones esquemáticas de pasos de trabajo de la mecanización posterior de un muñón de la cruz de pivotes, parcialmente en corte;

la fig. 10 una vista de la cruz de pivotes con los muñones mecanizados posteriormente;

30 las figs. 11 a 13 unas exposiciones esquemáticas de pasos de trabajo para la fabricación de un componente con dos muñones opuestos conforme a una segunda forma de realización de la invención, la herramienta de prensado representada parcialmente en corte;

la fig. 14 un corte central longitudinal a través de una rueda dentada recta conforme al estado de la técnica;

35 la fig. 15 un corte central longitudinal a través de una rueda dentada recta configurada conforme a la invención, según una tercera forma de realización de la invención;

la fig. 16 una exposición esquemática de una herramienta de prensado para la extrusión en frío de una rueda dentada recta, parcialmente en corte, con pieza en bruto insertada;

la fig. 17 una exposición correspondiente a la fig. 16, después del proceso de prensado;

la fig. 18 una vista de la rueda dentada recta extraída de la herramienta de prensado;

40 las figs. 19 a 22 unas exposiciones esquemáticas de pasos de trabajo de la mecanización posterior de una rueda dentada recta, parcialmente en corte;

la fig. 23 una vista de la rueda dentada recta después de la mecanización posterior;

la fig. 24 una vista isométrica de la rueda dentada recta correspondiente a la fig. 23;

la fig. 25 una exposición de una vista fragmentaria de la rueda dentada recta correspondiente a la fig. 23 en corte;

45 las figs. 26 a 28 unas exposiciones esquemáticas de pasos de trabajo para la fabricación de una rueda dentada recta conforme a una cuarta forma de realización de la invención, la herramienta de prensado representada parcialmente en corte;

la fig. 29 una exposición esquemática para explicar la línea de referencia perfilada;

la fig. 30 una exposición esquemática para explicar la zona cóncava.

La fig. 1 muestra un ejemplo de realización de una pieza funcional 60 configurada de forma convencional, que es un muñón, en donde la pieza funcional forma parte de un componente 61, que es una cruz de pivotes para una articulación universal. La pieza funcional 60 está montada de forma que puede girar con relación a una horquilla articulada 62. Para ello se ha insertado en la abertura de la horquilla articulada un casquillo de carga 63 y entre el casquillo de carga 63 y la pieza funcional 60 se han insertado unas agujas 64, que por un lado ruedan sobre la superficie envolvente 65 de la pieza funcional 60, y por otro lado en el lado interior del casquillo de carga 63, con lo que se configura un cojinete de aguja. La superficie envolvente 65 está configurada fundamentalmente de forma cilíndrica, al menos en el tramo de su extensión axial en el que las agujas 64 ruedan sobre la misma.

En el extremo libre de la pieza funcional 60 la superficie envolvente 65 se convierte en una superficie frontal 66, que delimita la pieza funcional 60 en dirección axial. La superficie frontal 66, y también la transición entre la superficie envolvente 65 y la superficie frontal, está abombada convexamente hacia fuera (en dirección axial), con lo que se configura una elevación frontal de la pieza funcional. En la forma de realización mostrada existe en una zona central de la superficie frontal una depresión menor, en la cual engrana un resalte axial del casquillo de carga 63, con lo que se apoya la pieza funcional 60 en dirección axial. La zona abombada convexamente de la superficie frontal 66, y también la transición entre la superficie envolvente y la superficie frontal, está formada por una superficie de forma libre configurada durante la extrusión en frío del componente 61. En la zona de la depresión en la superficie frontal 66 está dispuesta en la cavidad de moldeo de la herramienta de prensado una superficie limitadora, con la que hace tope el material de la cruz de pivotes durante la extrusión en frío. De este modo también se configuran frontalmente unas depresiones en forma de partes de superficies esféricas en el caso de una pieza funcional convencional.

Una pieza funcional configurada en el modo conforme a la invención, que es un muñón, se deduce de la fig. 2. La pieza funcional 1 puede formar parte de un componente 2, que es una cruz de pivotes 2 para una articulación cardánica. Sin embargo, la pieza funcional puede también formar parte por ejemplo de un trípode o de otro componente a montar de forma giratoria. En el ejemplo de realización mostrado la pieza funcional 1 está montada de forma que puede girar con relación a una horquilla articulada 3. En una abertura de la horquilla articulada 3 está dispuesto para ello un casquillo de carga 4, en donde entre el casquillo de carga 4 y la pieza funcional 1 están situados unos cuerpos rodantes 5. Los mismos están configurados aquí en forma de agujas. Adicionalmente o en lugar de ello podrían estar también previstas unas esferas o también un apoyo deslizante. Los cuerpos rodantes 5 ruedan por un lado en el lado interior del casquillo de carga 4, y por otro lado sobre un tramo funcional 6 de la superficie envolvente 7 de la pieza funcional 1.

La superficie envolvente 7 rodea el eje central longitudinal 9 de la pieza funcional 1. La dirección de la extensión longitudinal de la pieza funcional 1 está situada en paralelo a este eje central longitudinal 9.

La zona, a lo largo de la cual la superficie envolvente 7 es fundamentalmente cilíndrica (=en forma de envuelta cilíndrica), en especial cilíndrica circular, es en este ejemplo de realización el tramo funcional 6 de la pieza funcional 1. El eje del cilindro es a este respecto el eje central longitudinal 9. "Fundamentalmente cilíndrica" significa aquí cilíndrica, con independencia de irregularidades o tolerancias durante la fabricación, como ya se ha explicado en la introducción de la descripción. La forma cilíndrica de la superficie envolvente 7 en la zona del tramo funcional 6 forma aquí el contorno funcional del tramo funcional 6.

En la zona de su extremo libre la pieza funcional 1 posee frontalmente una superficie frontal 8 que delimita la pieza funcional 1 en dirección axial, es decir en la dirección de su eje central longitudinal 9. La delimitación entre la superficie envolvente 7 y la superficie frontal 8 puede aplicarse por ejemplo allí en donde la normal superficial sobre la pieza funcional 1, si se avanza en dirección al extremo libre de la pieza funcional 1 partiendo de una zona central de la pieza funcional 1 depositada desde el extremo libre, desciende por primera vez de un ángulo de 45° respecto al eje central longitudinal 9.

Una zona de transición situada en la transición entre la superficie envolvente 7 y la superficie frontal 8 puede aplicarse en un margen angular entre 10° y 45° respecto al eje central longitudinal 9.

En una zona central radial la superficie frontal 8 presenta una elevación 10 que resalta en dirección axial con relación a una zona radialmente periférica. Según se contempla en un corte central longitudinal (respectivamente en una vista lateral de la pieza funcional 1), la pieza funcional 1 se extiende de este modo ulteriormente en la zona de la elevación 10, en la dirección axial dirigida desde su base hacia su extremo libre, como una zona adyacente a la elevación 10. El punto de máxima extensión axial de la pieza funcional 1 está situado de forma preferida en esta dirección axial en la zona de la elevación 10. La elevación 10 está rodeada por completo, es decir anularmente, por una zona cóncava 11 de la superficie frontal 8. En la zona cóncava 11 la superficie frontal 8 está abombada hacia dentro con respecto a la dirección axial. A este respecto la superficie frontal 8 muestra en la forma de realización representada, en la zona cóncava 11, una depresión con relación a un borde perimétrico 12 de la superficie frontal (la pieza funcional se extiende en la zona de esta depresión por lo tanto menos profundamente en la dirección axial, dirigida desde la zona central axial de la pieza funcional 1 hacia su extremo libre, que en la zona del borde perimétrico). En este borde perimétrico 12 la superficie frontal 8 se conecta al tramo funcional 6, configurado en forma de envuelta cilíndrica, de la superficie envolvente 7 de la pieza funcional 1.

La elevación 10 puede presentar, como se ha representado, una depresión central más o menos destacada. En la misma puede engranar un resalte 13 del casquillo de carga 4, que apoya la pieza funcional 1 en dirección axial. Sin embargo, también puede realizarse un apoyo de la pieza funcional 1 en dirección axial en la zona de la elevación 10, sin que la misma esté configurada con una depresión. Puede estar prevista incluso una elevación adicional, por ejemplo en forma de pivote.

La fabricación de una pieza funcional configurada conforme a la invención se explica a continuación, basándose en las figs. 3 a 10, para un primer ejemplo de realización de la invención.

En primer lugar se realiza la extrusión en frío de la pieza funcional 1 o de un componente 2, aquí una cruz de pivotes, que presenta al menos una pieza funcional 1 a configurar del modo conforme a la invención. En el ejemplo de realización la cruz de pivotes 2 a configurar posee cuatro piezas funcionales 1, cuyos ejes centrales longitudinales 9 están situados en un plano común, en donde los ejes centrales longitudinales 9 de piezas funcionales 1 consecutivas en dirección perimétrica están situados respectivamente en ángulo recto unos respecto a los otros.

La extrusión en frío se realiza en una herramienta de prensado 14, la cual presenta unas primeras y segundas matrices 15, 16. Las matrices 15, 16 presentan respectivamente un taladro 17, 18 situado perpendicularmente al plano de separación entre las matrices 15, 16, en donde estos taladros 17, 18 están alineados uno respecto al otro y configuran un canal pasante. En una parte central de este canal está insertada una pieza en bruto cilíndrica 19, que se extiende a lo largo de una parte de su extensión en el taladro 17 y a lo largo de la otra parte de su extensión en el taladro 18.

En la zona de su plano de separación las matrices 15, 16 poseen unas escotaduras 20, 21, que configuran juntas unas cavidades con superficies envolventes cilíndricas. Los ejes centrales longitudinales de estas cavidades están situados en un plano común y existen en total cuatro cavidades, en donde los ejes centrales longitudinales de cavidades consecutivas en dirección perimétrica están situados respectivamente en ángulo recto entre ellos (solo dos de estas cavidades son visibles en la exposición en corte de las matrices 15, 16 de la fig. 3). En las cavidades 17, 18 están implantados unos troqueles de extrusión en frío 22, 23, entre los cuales está situada la pieza en bruto 19. Los troqueles de extrusión en frío 22, 23 están aplicados respectivamente a una placa soporte 24, 25, en donde entre las placas soporte 24, 25 y las matrices 15, 16 están dispuestos unos muelles de compresión 26, 27.

Mediante la compresión de las placas soporte 24, 25 en el recorrido h también se comprime la pieza en bruto 19 en el importe h, si los troqueles de extrusión en frío 22, 23 están colocados previamente por ambos lados en la pieza en bruto 19. A este respecto se introduce a presión material de la pieza en bruto 19 en las escotaduras 20, 21, en donde el material fluye transversalmente a la dirección de movimiento de los troqueles de extrusión en frío 22, 23. De este modo se forman las piezas funcionales 1. Los extremos libres de las piezas funcionales 1 presentan con ello una separación respecto a las delimitaciones de las escotaduras 20, 21, de tal manera que en la zona de los extremos libres de las piezas funcionales 1 se configuran unas superficies de forma libre. Las mismas forman las superficies frontales 8 de las piezas funcionales 1 después del proceso de extrusión en frío.

La fabricación se corresponde en este sentido al estado de la técnica, por ejemplo como se ha descrito en el documento DE 2 819 167 A1 citado en la introducción.

La cruz de pivotes 2 extraída de la herramienta de prensado se ha representado en la fig. 5. Para las piezas funcionales 1 se ha dibujado su respectivo eje central longitudinal 9. La superficie envolvente 7 de la pieza funcional 1 extruida en frío rodea el eje central longitudinal 9.

Las superficies envolventes 7 de las piezas funcionales 1 extruidas en frío se han representado en la fig. 5 con una forma que se desvía de la forma cilíndrica y precisamente de tal manera, que las piezas funcionales 1 se estrechan hacia sus extremos libres, fundamentalmente cónicamente. La desviación respecto a la forma cilíndrica se ha representado a este respecto para una mejor visibilidad muy exagerada. La conicidad puede estar situada por ejemplo en un margen de  $0,2^\circ$ .

La extensión axial s1 de la elevación formada por la superficie frontal puede estar situada en un margen de 1-2 mm, mientras que la longitud total l de la pieza funcional puede estar situada por ejemplo en un margen de 5 mm a 15 mm.

Seguidamente se lleva a cabo una mecanización posterior de la pieza funcional 1, en donde la mecanización posterior se explica con más detalle basándose en una de las piezas funcionales 1:

En primer lugar se desplaza una herramienta de calibración 2 en forma de manguito, en la dirección axial de la pieza funcional, desde el extremo libre de la pieza funcional sobre la misma. Al menos un tramo axial de la pieza funcional 1 conectado al extremo axial de la pieza funcional 1, en el ejemplo de realización toda la pieza funcional 1, está situado en la cavidad interior de esta herramienta de calibración en forma de manguito. Esta cavidad interior de la herramienta de calibración 28 está rodeada de este modo por la superficie de pared interior 30 de la herramienta de calibración 28 en forma de manguito.



Seguidamente se traslada un troquel de mecanización posterior 29, que penetra ya en la herramienta de calibración 28 o está implantado en la misma, en la dirección axial de la herramienta de calibración 28 o de la pieza funcional 1, hasta que hace tope con el extremo libre de la pieza funcional 1. Este estado se ha representado en la fig. 6 (la flecha 33 muestra la dirección de desplazamiento). También podría estar previsto desplazar la herramienta de calibración 28 junto con el troquel de mecanización posterior 29 en el sentido de la flecha 33 axialmente encima de la pieza funcional 1, hasta que el troquel de mecanización posterior 29 haga contacto con el extremo libre de la pieza funcional 1, con lo que se alcanza el extremo de todo el desplazamiento axial de la herramienta de calibración 28 y del troquel de mecanización posterior 29.

En la fig. 6 se ha representado una rendija entre el tramo de la superficie envolvente 7 que se conecta a la superficie frontal 8 y la superficie de pared de la herramienta de calibración 28, que rodea la superficie envolvente 7. La herramienta de calibración 28 no habría llevado a cabo de esta manera, al desplazarse sobre la pieza funcional 1, ninguna conformación de la pieza funcional 1. Sin embargo, de forma preferida es posible elegir el diámetro de la herramienta de calibración 28 de tal manera, que durante el desplazamiento de la herramienta de calibración 28 sobre la pieza funcional 1 se produzca en una capa conectada a la superficie envolvente 7 un flujo de material del material de la pieza funcional 1, es decir, ya durante el desplazamiento de la herramienta de calibración 28 se lleva a cabo un primer paso de calibración de la pieza funcional 1, por ejemplo para mejorar la redondez de la pieza funcional 1.

Seguidamente se presiona el troquel de mecanización posterior 29 con una fuerza tan elevada contra el extremo libre de la pieza funcional 1 (en el sentido de la flecha 33), que se produce un flujo de material del material de la pieza funcional. La fig. 7 muestra una fase intermedia de este proceso de prensado posterior y la fig. 8 muestra el estado al final de este proceso de prensado posterior. Mediante este proceso de prensado posterior se aplasta la pieza funcional 1 sobre todo en la zona del extremo de pivote. Mediante este aplastamiento se produce un flujo de material del material de la pieza funcional en dirección radial, en especial en la zona de la superficie frontal 8 abombada. Sin embargo, de este modo pueden cerrarse también las zonas de rendija que pudieran existir dado el caso antes del proceso de prensado posterior entre la superficie envolvente 7 y la superficie de pared 30. En la zona del perímetro exterior de la pieza funcional 1, en una capa que se conecta a la superficie de pared, se produce asimismo en el tramo terminal de la pieza funcional 1 un flujo de material en dirección axial, que está dirigida en contra de la dirección en la que el troquel de mecanización posterior 29 se presiona contra el extremo de pivote. De esta manera se produce un alargamiento de la parte de la superficie envolvente 7 al menos fundamentalmente cilíndrica. El tramo funcional 6 de la superficie envolvente 7, a través del cual la misma se usa para apoyar cuerpos rodantes 5, puede prolongarse de este modo.

En el ejemplo el flujo de material se realiza en dirección axial en una conformación libre. Sin embargo, es concebible y posible apoyar todavía este flujo de material mediante una conformación convexa adicional del troquel de mecanización posterior (no representada). Evidentemente debería seguir siendo posible de forma preferida también una conformación libre no ligada a la herramienta.

Después del proceso de prensado posterior mediante el troquel de mecanización posterior 29 se extrae la herramienta de calibración 28 de la pieza funcional 1, véase la fig. 9. La extracción de la herramienta de calibración 28 en la dirección 34 puede realizarse a este respecto en contra de una gran fuerza, dirigida en contra de la extracción. Durante la extracción de la herramienta de calibración 28 en forma de manguito después del proceso de prensado posterior con el troquel de mecanización posterior 29 se produce, en una capa conectada a la superficie envolvente 7, un flujo de material del material de la pieza funcional 1. Durante la extracción de la herramienta de calibración 28 de la pieza funcional 1 el troquel de mecanización posterior 29 permanece primero todavía presionado contra el extremo libre de la pieza funcional 1. La fuerza de prensado puede ser a este respecto inferior a en el caso del aplastamiento del extremo libre de la pieza funcional 1 con el troquel de mecanización posterior 29. La compresión termina favorablemente poco antes de que la herramienta de calibración 28 se extraiga por completo de la pieza funcional 1. El troquel de mecanización posterior 29 permanece por lo tanto presionado, al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción s de la herramienta de calibración 28, contra la superficie frontal 8 de la pieza funcional 1. El recorrido de extracción s termina en cuanto la pieza funcional esté situada completamente por fuera de la cavidad de la herramienta de calibración 28, es decir que ya no exista ningún solape axial. El recorrido parcial es al menos del 70 %, de forma especialmente preferida de al menos el 90 % de todo el recorrido de extracción s, a continuación de su comienzo. El control del recorrido parcial, a través del cual se mantiene una fuerza de compresión, puede realizarse mediante una detección de la posición de la herramienta de calibración 28 o mediante una medición de tiempo (en el caso de una velocidad prefijada de la herramienta de calibración 28). Mediante un control específico de la fuerza de prensado en función del recorrido de traslación de la herramienta de calibración 28 durante la extracción (en donde el recorrido de traslación se detecta en función del recorrido de traslación de la herramienta de calibración 28 o mediante una medición de tiempo del tiempo desde el inicio de la extracción) y/o de la fuerza de traslación, que es necesaria para extraer la herramienta de calibración 28, puede mejorarse todavía más el resultado de la calibración.

El componente 2 con las piezas funcionales 1, que se han mecanizado posteriormente todas del modo descrito, se ha representado en la fig. 10.

En el caso de que así se desee, en una zona central de la elevación 10 puede practicarse durante la mecanización

posterior una depresión, por ejemplo mediante una elevación correspondiente en una zona central del troquel de mecanización posterior 29. Después de la mecanización posterior descrita han finalizado ventajosamente los pasos de mecanización conformadores en una pieza funcional 1 configurada del modo conforme a la invención. En especial no es necesaria ninguna operación de rectificado posconectada. Una pieza funcional configurada conforme a la invención puede endurecerse seguidamente de forma convencional.

También sería concebible y posible llevar a cabo antes del endurecimiento uno o varios pasos de calibración.

La mecanización posterior descrita puede llevarse a cabo también simultáneamente para dos o más piezas funcionales. En especial pueden calibrarse simultáneamente piezas funcionales opuestas, cuyos ejes centrales longitudinales 9 estén situados sobre una línea, con lo que es especialmente ventajoso el apoyo de la fuerzas de prensado.

A continuación se describe basándose en las figs. 11 a 13 un segundo ejemplo de realización de una fabricación conforme a la invención de una pieza funcional.

En primer lugar se realiza a su vez la extrusión en frío de la pieza funcional 1 o del componente 2 que presenta la al menos una pieza funcional 1. La herramienta de prensado representada en la fig. 11 se corresponde a este respecto con la herramienta de prensado descrita anteriormente basándose en la fig. 3, con la diferencia de que solo están previstas dos escotaduras opuestas 20, 21, las cuales se han hecho avanzar hasta la respectiva superficie lateral de las matrices 15, 16 respectivas, de tal manera que se obtiene un canal en total cilíndrico. En los canales cilíndricos opuestos está implantado respectivamente un troquel de mecanización posterior 29, en donde permanece un espacio libre entre el extremo frontal del troquel de mecanización posterior 29 y el canal central, que aloja la pieza en bruto 19. Dentro de esta cavidad se presiona el material de la pieza en bruto 19 durante la aproximación de los troqueles de mecanización posterior 22, 23, para configurar la respectiva pieza funcional 1. Entre la superficie frontal de la pieza funcional 1 respectiva y el troquel de mecanización posterior 29 permanece aquí una separación a lo largo de toda la extensión de la superficie frontal 8 (como se ha representado en la fig. 12) o al menos a lo largo de una parte de la extensión de la superficie frontal 8, en donde en esta zona distanciada la superficie frontal 8 está configurada como superficie de forma libre.

Después de la extrusión en frío el componente 2 permanece aquí en la herramienta de prensado. Las piezas funcionales 1 están dispuestas de este modo en una cavidad, que está delimitada en total perimétricamente por una superficie de pared 30, en donde la superficie de pared 30 está formada en parte por una primera matriz 15 y en parte por la segunda matriz 16.

Seguidamente se presiona el troquel de mecanización posterior 29 asociado a una pieza funcional 1 respectiva de tal manera contra el extremo libre de la pieza funcional 1, que se lleva a cabo una deformación plástica de la pieza funcional, en especial en su zona terminal. La deformación plástica se describe a este respecto igual que en el primer ejemplo de realización.

Las matrices 15, 16 presentan unas partes de matriz 15a, 15b, 16a, 16b, las cuales se conectan respectivamente al plano de separación y presentan las escotaduras 20, 21. Las partes de matriz 15a, 16a por un lado y las partes de matriz 15b, 16b por otro lado pueden extraerse a este respecto respectivamente en una dirección 34, que está situada en paralelo a la dirección 33, en la que se presiona el respectivo troquel de mecanización posterior 29 contra el extremo libre de la pieza funcional 1 y está contrapuesto al mismo. En esta dirección 34 se extraen de la pieza funcional 1 las partes de matriz 15a, 16a o 15b, 16b, mientras que el respectivo troquel de mecanización posterior 29 permanece presionado al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción s contra la superficie frontal 8 de la respectiva pieza funcional 1. Durante esta extracción de las partes de matriz 15a, 16a o 15b, 16b se produce un flujo de material del material de la respectiva pieza funcional 1.

De este modo finalizan a su vez favorablemente los pasos de mecanización conformadores en la respectiva pieza funcional y seguidamente puede llevarse a cabo un endurecimiento de las piezas funcionales configuradas. Sin embargo, también sería concebible y posible que, después de la extracción desde la herramienta de prensado del componente 2 que comprende la al menos una pieza funcional 1 y antes del endurecimiento, se lleve a cabo todavía al menos un paso de calibración de la pieza funcional o de una pieza funcional respectiva. Por ejemplo podría desplazarse un manguito sobre la pieza funcional 1, en donde este manguito durante el desplazamiento sobre la pieza funcional produce un flujo de material del material de la pieza funcional. De este modo podría mejorarse por ejemplo la redondez de la pieza funcional.

Análogamente a los ejemplos de realización descritos puede configurarse también otros componentes, que presenten al menos un muñón 1, por ejemplo unos trípodes.

A continuación se describen unas formas de realización de la invención, en las que las piezas funcionales son ruedas dentadas rectas. En los ejemplos de realización componentes están formados en conjunto por la pieza funcional descrita. También podrían configurarse componentes, que presenten más de una pieza funcional, p.ej. componentes con dos ruedas dentadas rectas con un dentado respectivo, que estén situadas coaxialmente una respecto a la otra y comprendan respectivamente un tramo axial del componente.

Las piezas equivalentes a los ejemplos de realización descritos anteriormente se designan a su vez con los mismos símbolos de referencia.

5 Para preparar la descripción de estas formas de realización la fig. 14 muestra un ejemplo de realización de una pieza funcional 60 configurada de forma convencional en forma de una rueda dentada recta con un dentado 165, que forma el contorno funcional de la pieza funcional 60. La pieza funcional 60 está montada de forma que puede girar con relación a una pieza de cojinete 162. El dentado 165 engrana en un contradentado 163 de otra rueda dentada 164 representada solo esquemáticamente.

10 Con un extremo libre de la pieza funcional 60 con relación a la dirección axial limita una superficie frontal 66 de la pieza funcional 60 en dirección axial. La superficie frontal 66 comprende una elevación de cojinete 166, un tramo aplanado que rodea la misma y una superficie de forma libre 167 que se conecta al mismo radialmente, que está abombada convexamente hacia fuera (y que seguidamente se tornea dado el caso), que se prolonga en una zona de transición entre la superficie frontal 66 y la superficie envolvente o el contorno funcional. La elevación de cojinete 166 está prevista para los distanciamientos axiales respecto a componentes adicionales, pero también puede prescindirse de la misma. En la zona de la elevación de cojinete 166 en la superficie frontal 66 está dispuesta en la herramienta de calibración una superficie limitadora, sobre la que se guía el material de la cruz de pivotes durante la extrusión en frío. De este modo pueden configurarse frontalmente también otras formas, como por ejemplo depresiones, en las ruedas dentadas frontales convencionales.

20 Una pieza funcional 1, que está configurada en forma de una rueda dentada recta, conforme a una tercera forma de realización de la invención, se ha representado en la fig. 15. La pieza funcional 1 puede formar parte de un engranaje. En el ejemplo de realización mostrado, la pieza funcional 1 está montada mediante una pieza de cojinete 103 de forma que puede girar alrededor de su eje central longitudinal 7. El dentado 107 de la pieza funcional 1 engrana en un contradentado 104 de otra rueda dentada 105 representada solo esquemáticamente.

25 El dentado 107 está formado por un tramo de la extensión axial de la superficie envolvente 7 de la pieza funcional 1, que rodea el eje central longitudinal 9. La dirección de la extensión longitudinal de la pieza funcional 1 está situada en paralelo al eje central longitudinal 7.

30 Basándose en la fig. 29 se explica la línea de referencia perfilada 107 a del dentado 107. En la fig. 19 se ha representado una parte del dentado 107 en la sección transversal, situada perpendicularmente al eje central longitudinal 9 de la pieza funcional, en un punto de la extensión longitudinal del dentado 107, en donde el dentado 107 se ha representado desenrollado (extendido) en un plano. La línea de referencia perfilada 107 a es aquella línea sobre la cual el grosor de diente  $d$  es igual a la anchura de hueco  $e$ . La anchura de hueco  $e$  es igual a la mitad de la división  $p$ . El dentado enrollado en un plano recibe también el nombre de perfil de referencia, que está confinado por la línea de cabeza 107b paralela a la línea de referencia perfilada y la línea de pie 107c paralela a la misma.

35 Si se enrolla de nuevo el dentado representado en la fig. 29 alrededor del eje central longitudinal 109, la línea de referencia perfilada 107a discurre circularmente alrededor del eje central longitudinal 9. La línea de referencia perfilada 107a es por lo tanto la línea que circula circularmente alrededor del eje central longitudinal 9, sobre la cual el grosor de diente es igual a la anchura de hueco. En cualquier punto de la extensión axial del dentado la línea de referencia perfilada 107a presenta una determinada separación respecto al eje central longitudinal 9. La zona, a lo largo de la cual la separación entre la línea de referencia perfilada 107a y el eje central longitudinal es fundamentalmente constante, es el tramo funcional 6 del dentado 107. A través de este tramo funcional el dentado 107 forma el contorno funcional de la pieza funcional configurada como rueda dentada recta.

40 En lugar de la separación fundamentalmente constante entre la línea de referencia perfilada y el eje central longitudinal 9, también podría usarse una separación fundamentalmente constante entre las puntas de diente y el eje central longitudinal 9.

45 “Fundamentalmente constante” significa a este respecto constante, con independencia de imperfecciones o tolerancias durante la fabricación, como ya se ha explicado en la introducción de la descripción.

En las figuras se ha representado una rueda dentada recta con dentado recto. Para una rueda dentada recta con dentado oblicuo se aplica lo mismo análogamente.

50 En la zona de su extremo libre la pieza funcional 1 posee frontalmente una superficie frontal 8, que delimita la superficie envolvente 7 en dirección axial, es decir en la dirección de su eje central longitudinal 9. La delimitación entre la superficie envolvente 7 y la superficie frontal 8 puede aplicarse por ejemplo allí en donde la normal superficial sobre la pieza funcional 1, si se avanza en dirección al extremo libre de la pieza funcional 1 partiendo de una zona central de la pieza funcional 1 depositada desde el extremo libre, desciende por primera vez de un ángulo de  $45^\circ$  respecto al eje central longitudinal 9, según se contempla en un corte longitudinal. Una zona de transición situada en la transición entre la superficie envolvente 7 y la superficie frontal 8 puede aplicarse en un margen angular de entre  $10^\circ$  y  $45^\circ$  respecto al eje central longitudinal 9.

55 En una zona central radial la superficie frontal 8 presenta una elevación 10 que resalta en dirección axial con relación a una zona radialmente periférica. Según se contempla en un corte central longitudinal (respectivamente en

una vista lateral de la pieza funcional 1), la pieza funcional 1 se extiende de este modo ulteriormente en la zona de la elevación 10, en la dirección axial dirigida desde su base hacia su extremo libre, como una zona adyacente a la elevación. El punto de máxima extensión axial de la pieza funcional 1 está situado de forma preferida en esta dirección axial en la zona de la elevación 10. La elevación 10 está rodeada por completo, es decir anularmente, por una zona cóncava 11 de la superficie frontal 8. En la zona cóncava 11 la superficie frontal 8 está abombada hacia dentro con respecto a la dirección axial. A este respecto la superficie frontal 8 muestra en la forma de realización representada, en la zona cóncava 11, una depresión con relación a un borde perimétrico 12 de la superficie frontal. La pieza funcional se extiende en el ejemplo de realización hasta el borde perimétrico. El borde perimétrico 12 está formado por el círculo que delimita el dentado 197 en el extremo del tramo funcional. La pieza funcional 1 se extiende en la zona de esta depresión por lo tanto menos profundamente en la dirección axial, dirigida desde la zona central axial de la pieza funcional 1 hacia su extremo libre, que en la zona del borde perimétrico 12.

La elevación 10 puede presentar, como se ha representado, una superficie aproximadamente plana con una abertura para alojar un muñón u otra forma.

La fabricación de una pieza funcional configurada conforme a la invención en forma de una rueda dentada recta se explica a continuación, basándose en las figs. 16 a 25, para un tercer ejemplo de realización de la invención.

La extrusión en frío de la pieza funcional 1 se realiza en una herramienta de prensado 14, la cual presenta unas primeras y segundas matrices 15, 16. Las matrices 15, 16 presentan respectivamente un taladro 17, 18 situado perpendicularmente al plano de separación entre las matrices 15, 16, en donde estos taladros 17, 18 están alineados uno respecto al otro y configuran un canal pasante. En una parte central de este canal está insertada una pieza en bruto cilíndrica 19, que se extiende a lo largo de una parte de su extensión en el taladro 17 y a lo largo de la otra parte de su extensión en el taladro 18.

En la zona de su plano de separación las matrices 15, 16 poseen unas escotaduras radiales, que configuran juntas una cavidad con superficies envolventes casi diametralmente opuestas respecto al componente acabado. Estas escotaduras no se han representado en las figuras para una mayor sencillez. En los taladros 17, 18 están implantados unos troqueles de extrusión en frío 22, 23, entre los cuales está situada la pieza en bruto 19. Los troqueles de extrusión en frío 22, 23 están aplicados respectivamente a una placa soporte 24, 25, en donde entre las placas soporte 24, 25 y las matrices 15, 16 están dispuestos unos muelles de compresión 26, 27.

Mediante la compresión de las placas soporte 24, 25 en el recorrido h también se comprime la pieza en bruto 19 en el importe h, si los troqueles de extrusión en frío 22, 23 están colocados previamente por ambos lados en la pieza en bruto 19. A este respecto se introduce a presión material de la pieza en bruto 19 en las escotaduras, en donde el material fluye transversalmente a la dirección de movimiento de los troqueles de extrusión en frío 22, 23. De este modo se forma el dentado. El extremo libre, superior en la exposición, de la pieza funcional 1 presenta a este respecto un espacio libre entre el troquel de extrusión en frío 22 y el dentado, de tal manera que en la zona del extremo libre de la pieza funcional 1 se configuran unas superficies de forma libre. Las mismas forman partes de la superficie frontal 8 de la rueda dentada recta después del proceso de extrusión en frío.

En la presente descripción se ha representado simplificado el proceso de la extrusión en frío de la rueda dentada recta. La exposición de un troquel perforado 35 para configurar el rebaje para el alojamiento del eje del apoyo giratorio de la rueda dentada recta se ha representado simplificado, para obtener una mejor visión general, y se ha prescindido de una exposición de los desarrollos de movimiento. En este sentido se han descrito unos procedimientos comparables para la fabricación en el estado de la técnica, por ejemplo como el documento EP 0 560 010 B1 citado en la introducción de la descripción o también en documento JP 10-211539A.

La pieza funcional 1 extraída de la herramienta de prensado se ha representado en la fig. 18. Para la pieza funcional 1 se ha dibujado el eje central longitudinal 9. El dentado 107 de la pieza funcional 1 extruida en frío rodea el eje central longitudinal 9.

El dentado 107 de la pieza funcional 1 extruida en frío se ha representado con una forma que difiere de la forma recta, en la que la línea de referencia perfilada 107 presenta a lo largo de la zona de la extensión axial del dentado 107 una separación constante respecto al eje central longitudinal 9, y precisamente de tal manera que la línea de referencia perfilada 107 se aproxima al extremo libre de la pieza funcional 1 del eje central longitudinal 9. De forma correspondiente los peines de dientes del dentado 107 se aproximan al eje central longitudinal 9. La desviación respecto al paralelismo se ha representado a este respecto muy exagerada para visualizarse. La desviación puede estar situada por ejemplo en un margen de 0,2°.

La extensión axial s1 de la elevación formada por la superficie frontal puede estar situada en un margen de 1mm-4 mm, mientras que la longitud total l de la pieza funcional puede estar situada por ejemplo en un margen de 5 mm a 50 mm.

Seguidamente se lleva a cabo una mecanización posterior de la pieza funcional 1.

En primer lugar se desplaza una herramienta de calibración 28 en forma de manguito, en la dirección axial de la pieza funcional, desde el extremo libre de la pieza funcional 1 sobre la misma. Al menos un tramo axial de dentado

107 conectado al extremo libre de la pieza funcional 1, en el ejemplo de realización todo el tramo del dentado 107, está situado en la cavidad interior de esta herramienta de calibración 28. Esta cavidad interior de la herramienta de calibración 28 está rodeada de este modo por la superficie de pared interior 30 de la herramienta de calibración.

5 Seguidamente se traslada un troquel de mecanización posterior 29, que penetra ya en la herramienta de calibración 28 o está implantado en la misma, en la dirección axial de la herramienta de calibración 28 o de la pieza funcional 1, hasta que hace tope con el extremo libre de la pieza funcional 1. Este estado se ha representado en la fig. 19 (la flecha 33 muestra la dirección de desplazamiento). También podría estar previsto desplazar la herramienta de calibración 28 junto con el troquel de mecanización posterior 29 en el sentido de la flecha 33 axialmente sobre el dentado 107, hasta que el troquel de mecanización posterior 29 se aproxime al dentado 107, con lo que se alcanza el extremo de todo el desplazamiento axial de la herramienta de calibración 28 y del troquel de mecanización posterior 29.

10 En la fig. 19 se ha representado una rendija entre el tramo de la superficie envolvente 7 del dentado 107 que se conecta a la superficie frontal 8 y la superficie de pared 30 de la herramienta de calibración 28, que rodea la superficie envolvente 7. La herramienta de calibración 28 no habría llevado a cabo de esta manera, al desplazarse sobre el dentado 107, ninguna conformación del dentado 107. Sin embargo, de forma preferida es también posible elegir el diámetro de la herramienta de calibración 28 de tal manera, que durante el desplazamiento de la herramienta de calibración 28 sobre el dentado 107 se produzca en una capa conectada a la superficie envolvente 7 del dentado un flujo de material del material de la pieza funcional 1, es decir, ya durante el desplazamiento de la herramienta de calibración 28 se lleva a cabo un primer paso de calibración del dentado 107, por ejemplo para reducir las desviaciones de forma del dentado 107.

15 Seguidamente se presiona el troquel de mecanización posterior 29 con una fuerza tan elevada contra el extremo libre de la pieza funcional 1 (en el sentido de la flecha 33), que se produce un flujo de material del material de la pieza funcional. La fig. 20 muestra una fase intermedia de este proceso de prensado posterior y la fig. 21 muestra el estado al final de este proceso de prensado posterior. Mediante este proceso de prensado posterior se aplasta la pieza funcional 1 sobre todo en la zona del extremo libre. Mediante este aplastamiento se produce un flujo de material del material de la pieza funcional 1 en dirección radial, en especial en la zona de la superficie frontal 8 abombada. Sin embargo, de este modo pueden cerrarse también las zonas de rendija que pudieran existir dado el caso antes del proceso de prensado posterior entre la superficie envolvente 7 del dentado 107 y la superficie de pared 30. En la zona del perímetro exterior de la pieza funcional 1, en una capa que se conecta a la superficie de pared 30, se produce asimismo en el tramo terminal del dentado 107 un flujo de material en dirección axial, que está dirigido en contra de la dirección en la que el troquel de mecanización posterior 29 se presiona contra el extremo de pivote. De esta manera se produce un alargamiento del tramo funcional 6.

20 Después del proceso de prensado posterior mediante el troquel de mecanización posterior 29 se extrae la herramienta de calibración 28 del muñón 1, véase la fig. 22. La extracción de manguito 28 en la dirección 34 puede realizarse a este respecto en contra de una gran fuerza, dirigida en contra de la extracción. Durante la extracción de la herramienta de calibración 28 después del proceso de prensado posterior con el troquel de mecanización posterior 29 se produce, en una capa conectada a la superficie envolvente 7 del dentado 107, un flujo de material del material de la pieza funcional 1. Durante la extracción de la herramienta de calibración 28 de la pieza funcional 1 el troquel de mecanización posterior 29 permanece primero todavía presionado contra el extremo libre de la pieza funcional 1. La fuerza de prensado puede ser a este respecto inferior a en el caso del aplastamiento de la pieza funcional 1 con el troquel de mecanización posterior 29. La compresión termina favorablemente poco antes de que la herramienta de calibración 28 se extraiga por completo de la pieza funcional 1. La compresión del troquel de mecanización posterior 29 se produce de este modo a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción s de la herramienta de calibración 28. Mediante un control específico de la fuerza de prensado en función del recorrido de traslación de la herramienta de calibración 28 durante la extracción (mediante una detección de posición de la herramienta de calibración 28 o mediante una medición de tiempo del tiempo en el caso de una velocidad conocida de la herramienta de calibración 28) y/o de la fuerza de traslación, que es necesaria para extraer la herramienta de calibración 28, puede mejorarse todavía más el resultado de la calibración.

25 La pieza funcional 1 con el dentado 107, que se ha mecanizado posteriormente de la manera descrita, se ha representado en las figs. 23, 24 y 25. Las puntas de diente presentan a lo largo del tramo funcional una separación constante respecto al eje central longitudinal 9. A este respecto puede reconocerse especialmente bien en el corte parcial correspondiente a la fig. 25 la superficie frontal 8 con la zona cóncava 11. Con ello también puede verse que el dentado 7 sobre la superficie frontal 8 entre los dos flancos de diente de los dientes individuales también está configurado cóncavamente.

30 Si así se desea, en una zona central de la elevación 10 puede introducirse durante la mecanización posterior otra estructura superficial, por ejemplo mediante una geometría correspondiente en una zona central del troquel de mecanización posterior 29. El troquel de mecanización posterior tiene ventajosamente un mandril central 108, que se ha insertado en la abertura central 109 de la pieza funcional 1, para limitar un flujo del material en la zona de la abertura. Esto puede verse en la fig. 19, en el semicorte a través del mandril 108 y de la pieza funcional 1, en el lado a la derecha del eje central longitudinal 9.

Después de la mecanización posterior descrita quedan finalizados ventajosamente los pasos de mecanización conformadores en una pieza funcional 1 con el dentado 107, configurada de manera conforme a la invención. En especial no es necesaria ninguna operación de rectificado posconectada ni otras operaciones de mecanización por arranque de virutas.

- 5 Seguidamente puede endurecerse de forma convencional una rueda dentada recta configurada conforme a la invención o también otro componente.

A continuación se describe basándose en las figs. 26 a 28 un cuarto ejemplo de realización de una fabricación conforme a la invención de una pieza funcional 1 en forma de una rueda dentada recta.

- 10 En primer lugar se realiza de nuevo la extrusión en frío de la pieza funcional 1. La herramienta de prensado representada en la fig. 26 se corresponde a este respecto con la herramienta de prensado descrita anteriormente basándose en la fig. 16, con la diferencia de que el troquel de extrusión en frío 22 puede trasladarse con independencia de la primera matriz 15. Para configurar la pieza funcional 1 con el dentado 107 se introduce a presión el material de la pieza en bruto 19, al acercar el troquel de extrusión en frío 22, 23 en la cavidad que está limitada por las matrices 15, 16. Entre la superficie frontal de la pieza funcional 1 y el troquel de extrusión en frío 22  
15 permanece aquí una separación (como se ha representado en la fig. 26), en donde en esta zona distanciada la superficie frontal 8 está configurada como superficie de forma libre.

- 20 Después de la extrusión en frío permanece aquí la pieza funcional 1 en la herramienta de prensado. La pieza funcional 1 está dispuesta en una cavidad de la primera matriz 15 al menos a través de un extremo libre que presenta la superficie frontal 8, la cual está limitada periméricamente por una superficie de pared 30 que hace contacto con la superficie envolvente que forma el dentado 107.

Seguidamente se presiona el troquel de extrusión en frío 22, que puede activarse por separado, en otra carrera h1 contra el extremo libre de la pieza funcional 1, en donde se lleva a cabo otra deformación plástica de la pieza funcional 1, en especial en una zona del extremo libre que presenta la superficie frontal 8. El troquel perforado 35 permanece a este respecto en la abertura central 108 del componente.

- 25 Seguidamente se extrae de la pieza funcional 1 la primera matriz 15 a lo largo del recorrido de extracción s (en la fig. 28 se ha dibujado la dirección 34). El troquel de extrusión en frío 22 permanece a este respecto presionado, al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción s, contra la superficie frontal 8 de la pieza funcional 1. Durante la extracción de la matriz 15 desde la pieza funcional 1 se produce, de forma análoga a lo ya descrito, un flujo de material del material de la pieza funcional 1.

- 30 De forma favorable quedan a su vez terminados de este modo los pasos de mecanización conformadores en el dentado 107 de la pieza funcional 1 y puede llevarse a cabo, seguidamente, un endurecimiento de la pieza funcional 1. Sin embargo, también sería concebible y posible que, después de la extracción del componente desde la herramienta de prensado y antes del endurecimiento, se lleve a cabo todavía al menos otro paso de calibración del componente. Por ejemplo podría desplazarse un manguito sobre el contorno funcional del componente, en el  
35 ejemplo el dentado, en donde este manguito produce un flujo de material del material de la rueda dentada recta durante el desplazamiento sobre el dentado. De este modo podría reducirse todavía más por ejemplo la desviación de forma del dentado.

- 40 En la fig. 30 puede verse una exposición esquemática de un desarrollo cóncavo en la pieza funcional 1. En la figura puede verse la zona de transición entre la superficie envolvente 7 y la superficie frontal 8. A este respecto están configurados dos tramos, según se contempla en un corte central longitudinal, en la zona de transición entre la superficie envolvente 7 y la superficie frontal 8 así como en la zona de la superficie frontal 8 conectada a la misma, cuyo contorno puede inscribirse en radios. El primer tramo puede describirse con un primer radio R1, cuyo primer punto central de radio X1 está dispuesto dentro del componente. El segundo tramo, la zona cóncava 11, puede describirse con un segundo radio R2, cuyo punto central de radio X2 está dispuesto por fuera del componente. A  
45 este respecto debe preferirse que el valor del primer radio R1 sea inferior a una quinta parte, más preferiblemente inferior a una décima parte del valor del segundo radio R2. Además de esto debe preferirse que el valor del segundo radio R2 sea inferior a cuatrocientos veces, de forma preferida inferior a doscientas veces el valor del primer radio R1.

- 50 En lugar de ruedas dentadas rectas pueden configurarse análogamente a los ejemplos de realización descritos también otros componentes, los cuales presenten al menos una superficie funcional puntualmente simétrica según se contempla en sección transversal, por ejemplo piezas con dos o más superficies planas opuestas.

**Leyenda de las cifras de referencia:**

- 1 Pieza funcional
- 2 Componente

## ES 2 652 610 T3

3	Horquilla articulada
4	Casquillo de carga
5	Cuerpo rodante
6	Tramo funcional
7	Superficie envolvente
8	Superficie frontal
9	Eje central longitudinal
10	Elevación
11	Zona cóncava
12	Borde periférico
13	Resalte
14	Herramienta de prensado
15	Primera matriz
15a	Parte de matriz
15b	Parte de matriz
16	Segunda matriz
16a	Parte de matriz
16b	Parte de matriz
17	Taladro
18	Taladro
19	Pieza en bruto
20	Escotadura
21	Escotadura
22	Troquel de extrusión en frío
23	Troquel de extrusión en frío
24	Placa soporte
25	Placa soporte
26	Muelle de compresión
27	Muelle de compresión
28	Herramienta de calibración
29	Troquel de mecanización posterior
30	Superficie de pared
33	Flecha
34	Dirección
35	Troquel perforado
60	Parte funcional

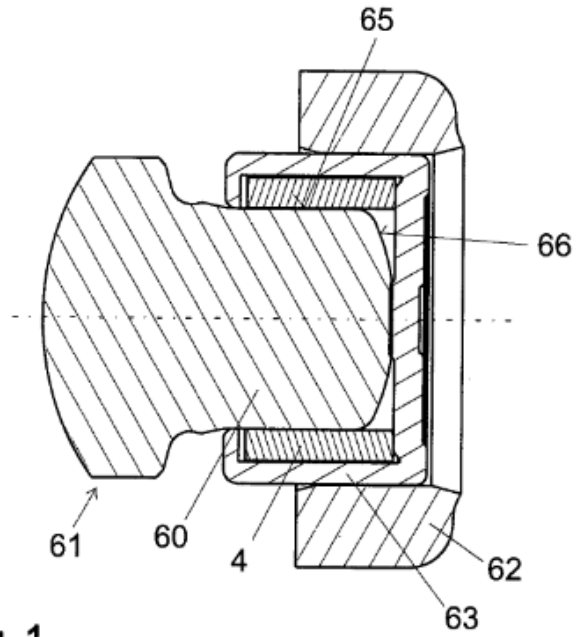
## ES 2 652 610 T3

61	Componente
62	Horquilla articulada
63	Casquillo de carga
64	Aguja
65	Superficie envolvente
66	Superficie frontal
103	Parte de cojinete
104	Contradentado
105	Rueda dentada
107	Dentado
107a	Línea de referencia perfilada
107b	Línea de cabeza
107c	Línea de pie
108	Mandril
109	Abertura
162	Parte de cojinete
163	Contradentado
164	Rueda dentada
165	Dentado
166	Elevación de cojinete
167	Superficie de forma libre

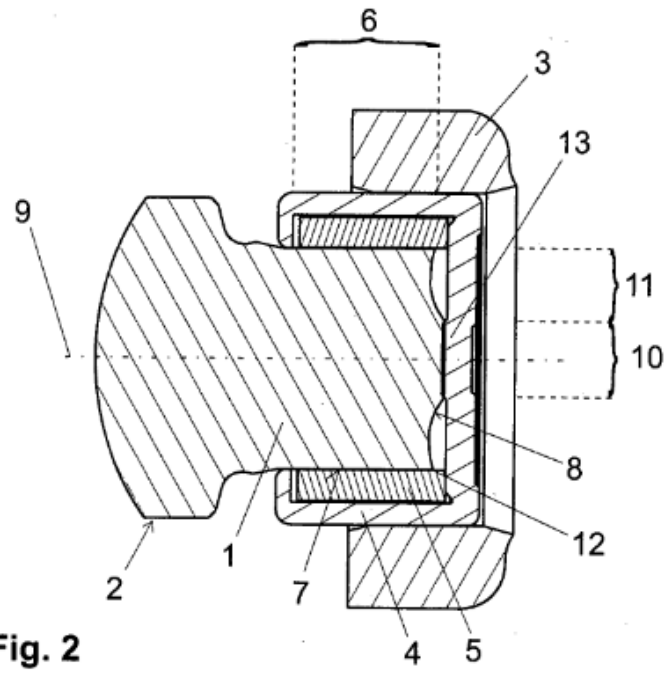


**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para mecanizar una pieza funcional (1), que se extiende en una dirección longitudinal y una superficie envolvente (7), que rodea un eje central longitudinal (9) de la pieza funcional (1) que discurre en la dirección longitudinal, y una superficie frontal (8) que delimita la pieza funcional (1) en un extremo libre en dirección axial, en donde se aprieta un troquel (22, 23, 29) que puede trasladarse en la dirección longitudinal de la pieza funcional (1) sobre la superficie frontal (8) de la pieza funcional (1), mientras que la pieza funcional (1) se encuentra primero al menos a lo largo de un tramo parcial que se conecta a su extremo libre de su extensión longitudinal en una cavidad de una herramienta (14, 28), la cual está delimitada en dirección radial, con relación al eje central longitudinal (9), por una superficie de pared (30) que rodea la superficie envolvente (7) y hace contacto al menos parcialmente con la superficie envolvente (7), **caracterizado porque** asimismo se extrae de la pieza funcional (1) la herramienta (14, 28) a lo largo de un recorrido de extracción, a través del extremo libre de la pieza funcional (1), mientras que el troquel (22, 23, 29) permanece presionado contra la superficie frontal (8) de la pieza funcional (1) al menos a lo largo de una recorrido parcial del recorrido de extracción de la herramienta (14, 28), en donde la herramienta (14, 28) produce un flujo de material del material de la pieza funcional (1) durante la extracción de la herramienta (14, 28) desde la pieza funcional (1), aumentándose la extensión axial del contorno funcional de la pieza funcional (1) y/o mejorándose la exactitud de medida del contorno funcional de la pieza funcional (1) a lo largo de su extensión axial.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la pieza funcional (1) se extruye en frío, en un paso del procesamiento llevado a cabo antes de la extracción de la herramienta (14, 28) a lo largo del recorrido de extracción, en una herramienta de prensado (14) que presenta una matriz (15, 16), mediante al menos un troquel de extrusión en frío (22, 23).
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la herramienta extraída de la pieza funcional (1) a lo largo del recorrido de extracción es la herramienta de prensado (14), y la superficie de pared (30) que delimita la cavidad está formada al menos por una de las matrices (15, 16) de la herramienta de prensado (14).
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el troquel presionado contra la superficie frontal (8) de la pieza funcional (1) al menos a lo largo de una parte parcial del recorrido de extracción de la herramienta de prensado (14) es el o unos de los troqueles de extrusión en frío (22, 23).
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** un troquel presionado contra la superficie frontal (8) de la pieza funcional (1) al menos a lo largo de un recorrido parcial del recorrido de extracción es un troquel de mecanización posterior (29), existente adicionalmente al al menos un troquel de extrusión en frío (22, 23), que penetra en la cavidad de la herramienta de prensado (14).
- 6.- Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** se extrae de la herramienta de prensado (14) la pieza funcional (1) después de la extrusión en frío y seguidamente se encaja la herramienta, la cual presenta la superficie de pared (30) que delimita la cavidad, en la dirección longitudinal de la pieza funcional (1) sobre la pieza funcional (1), y porque el troquel presionado contra la superficie frontal (8) de la pieza funcional (1) es un troquel de mecanización posterior (29) que penetra en la cavidad de la herramienta (28).
- 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la herramienta (28) está configurada en forma de manguito.
- 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** antes de la extracción de la herramienta (28) desde la pieza funcional (1) el troquel de mecanización posterior (29, 31) se presiona con tanta fuerza contra la superficie frontal (8) de la pieza funcional (1), que se produce una deformación plástica de la pieza funcional (1) con un flujo de material del material de la pieza funcional (1).
- 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado porque** el troquel de mecanización posterior (29, 31), al menos después de introducirse en la cavidad de la herramienta (14, 28), está montado de forma que puede desplazarse mediante la herramienta (14, 28).
- 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la pieza funcional (1) es una rueda dentada recta o un muñón, en especial una cruz de pivotes.



**Fig. 1**



**Fig. 2**

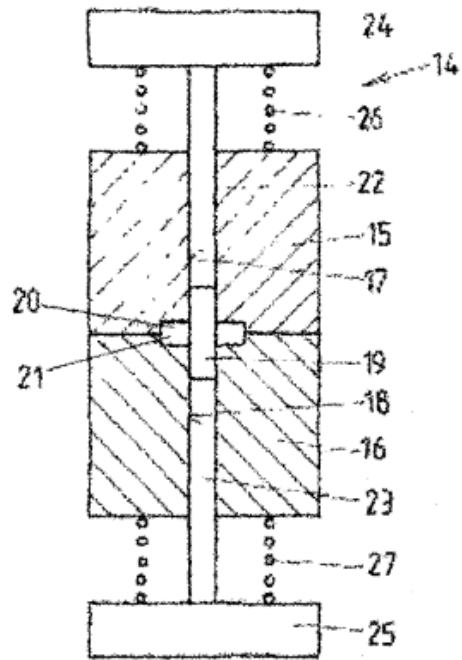


Fig. 3

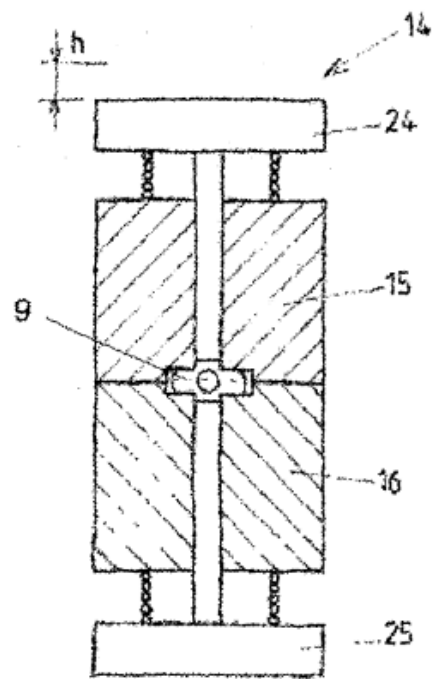


Fig. 4

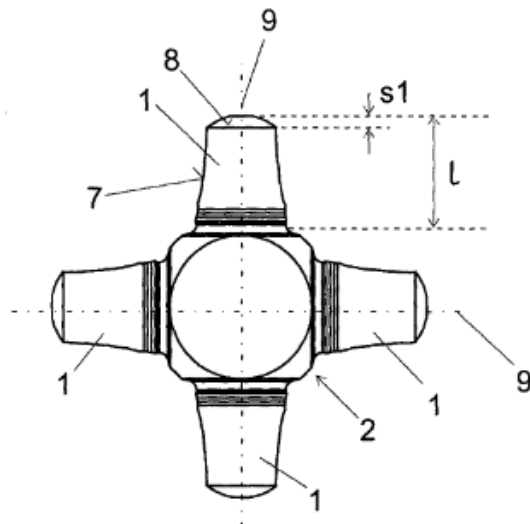


Fig. 5

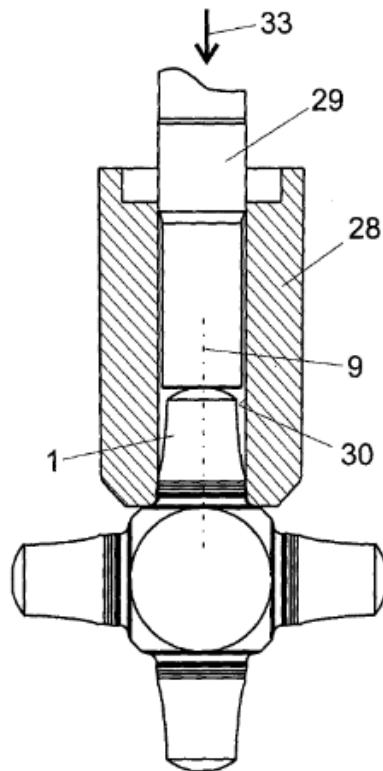


Fig. 6

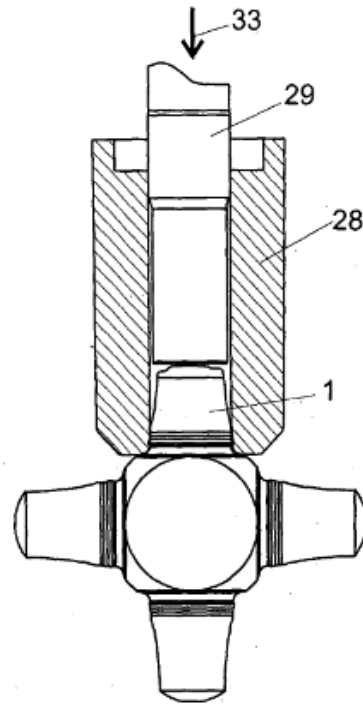


Fig. 7

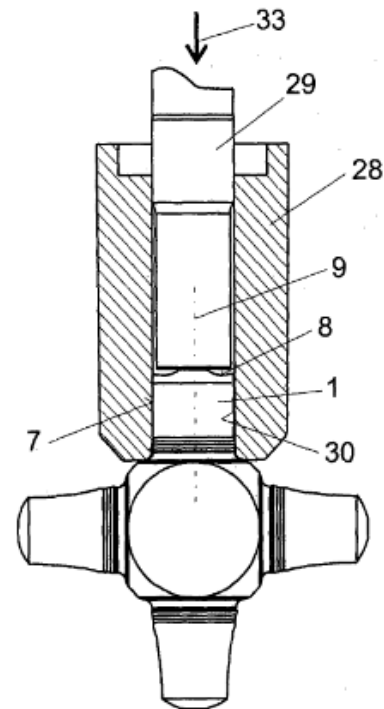


Fig. 8

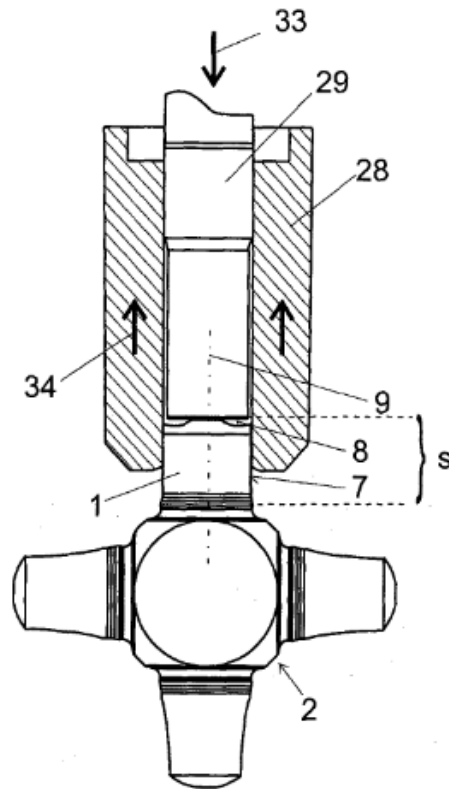


Fig. 9

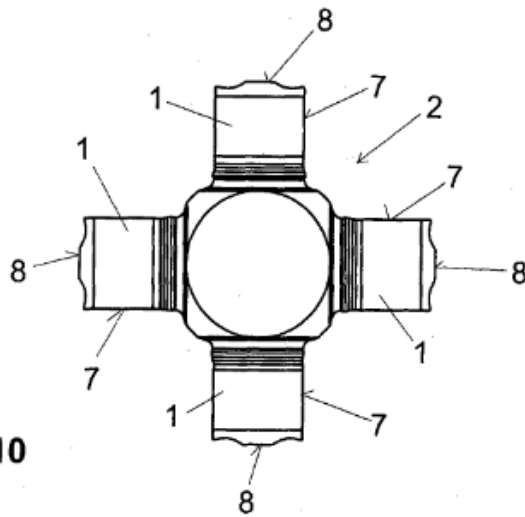


Fig. 10

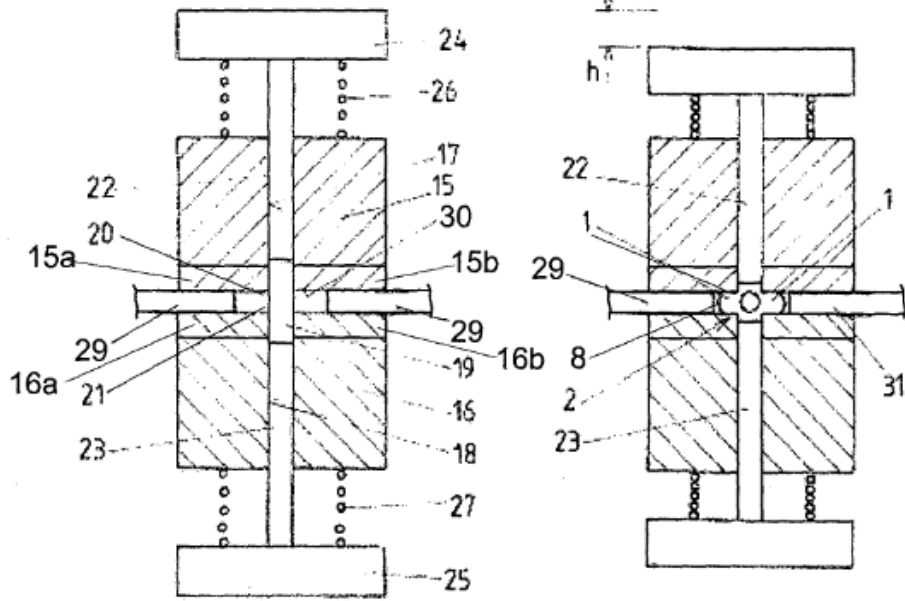


Fig. 11

Fig. 12

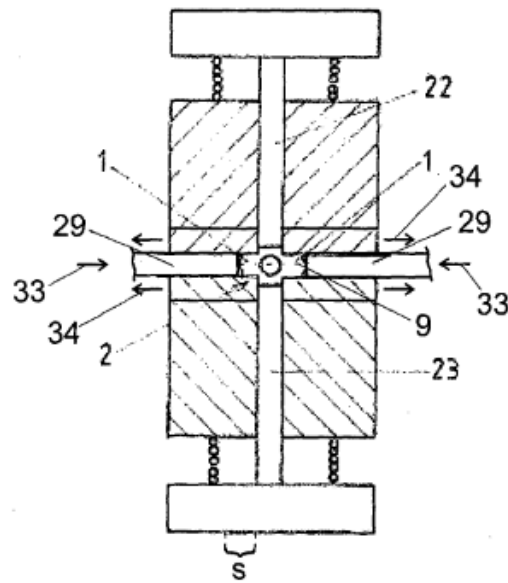


Fig. 13

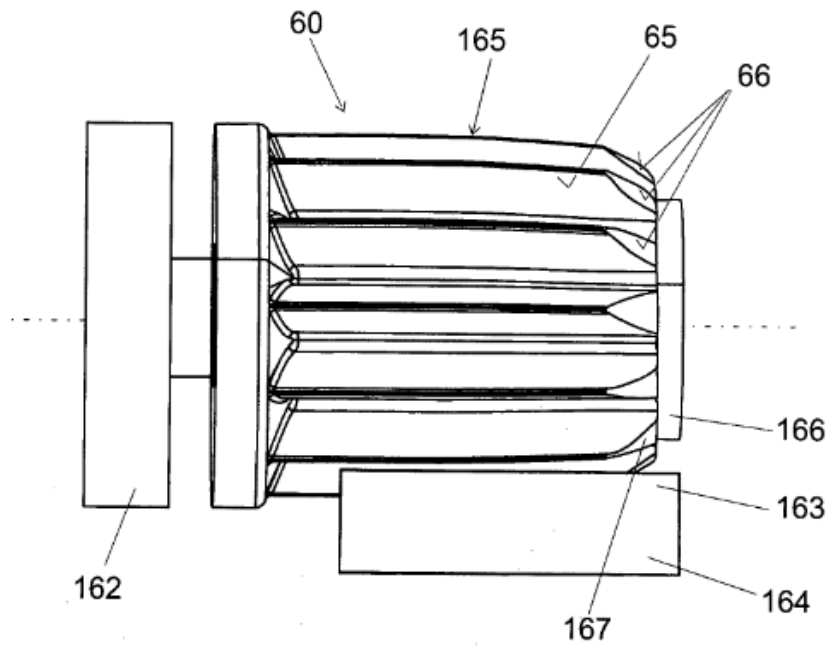


Fig. 14

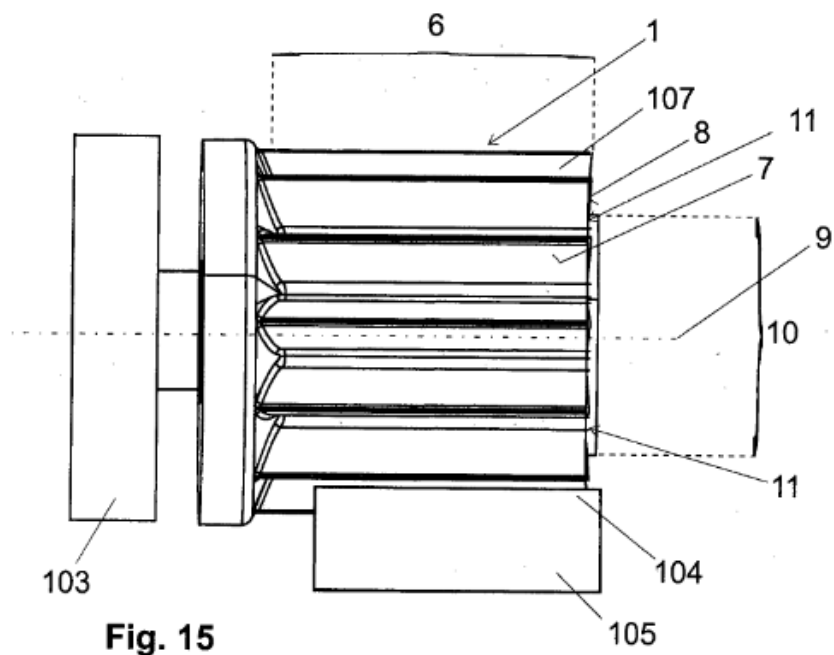


Fig. 15



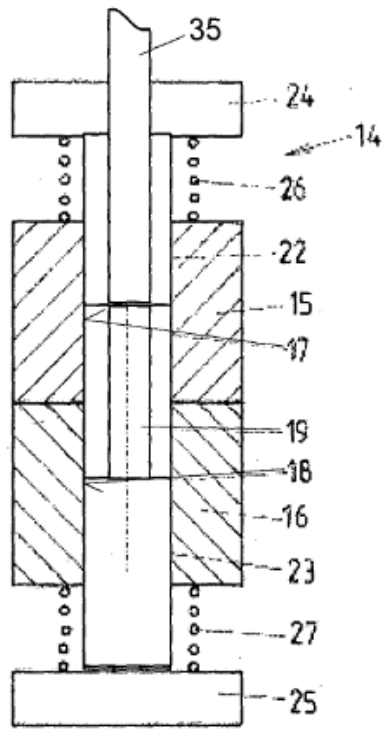


Fig. 16

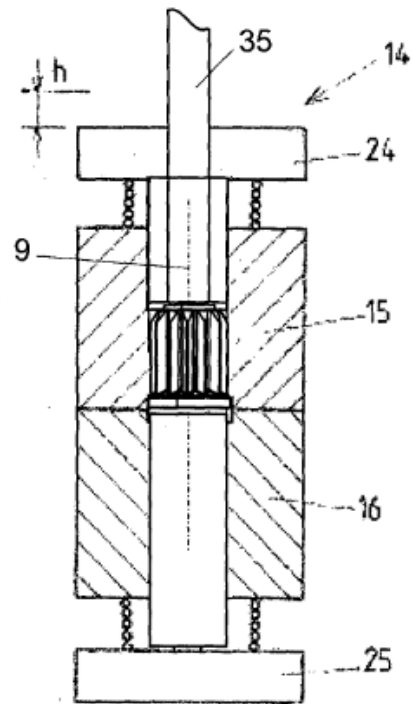


Fig. 17

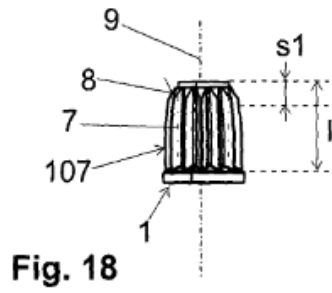


Fig. 18

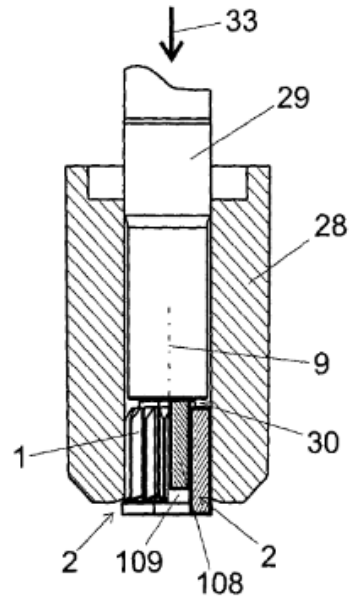


Fig. 19

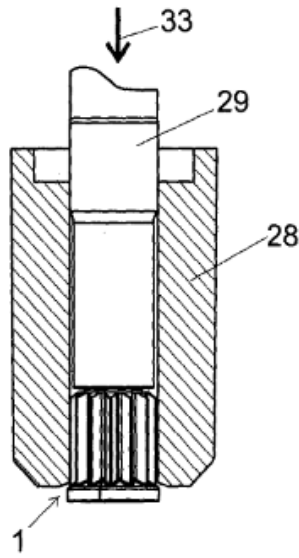


Fig. 20

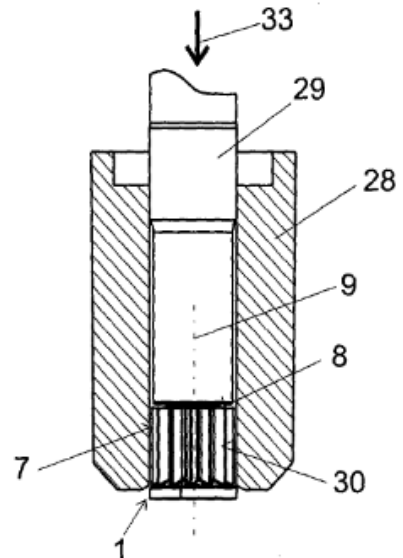


Fig. 21

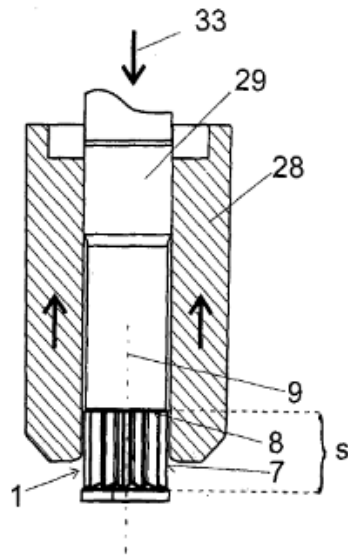


Fig. 22

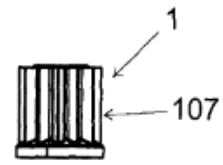


Fig. 23

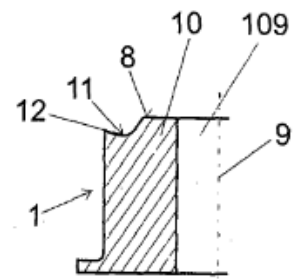


Fig. 25

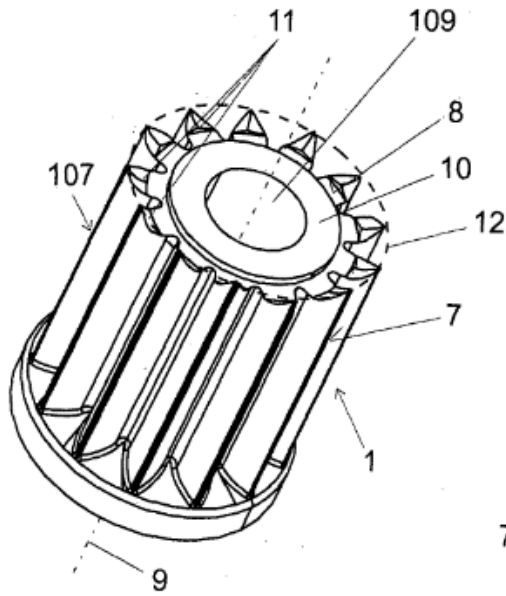


Fig. 24

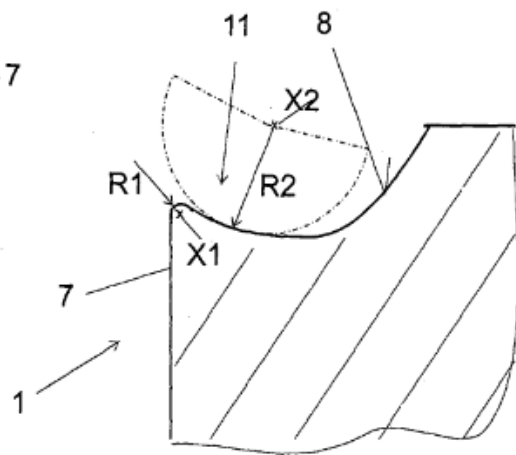


Fig. 30

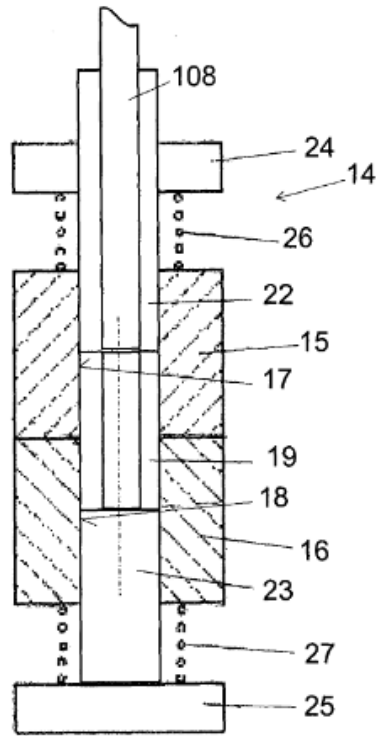


Fig. 26

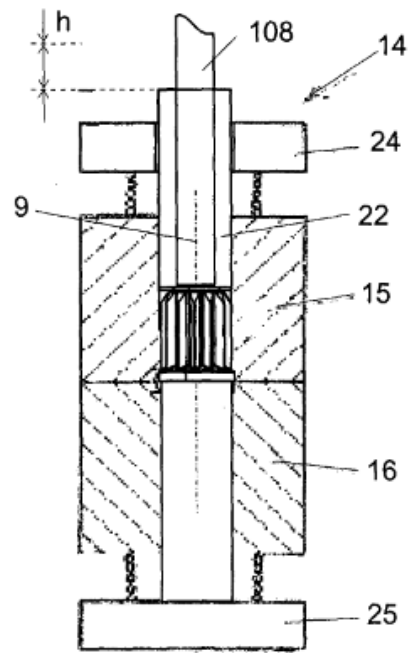


Fig. 27

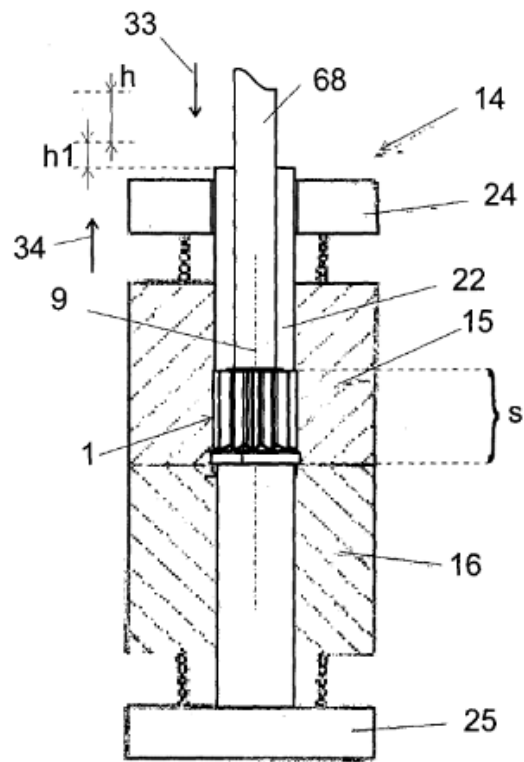


Fig. 28

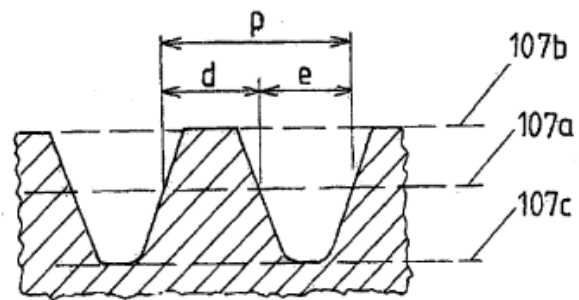


Fig. 29