(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 699 329**

(51) Int. Cl.:

B24B 27/00 (2006.01)
B24B 41/06 (2012.01)
B24B 5/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2017** **PCT/EP2017/055049**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2017** **WO17157698**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2017** **E 17708519 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018** **EP 3285963**

(54) Título: **Procedimiento para la mecanización completa de rectificado de piezas de trabajo con forma de eje con secciones cilíndricas y perfiladas**

(30) Prioridad:

15.03.2016 DE 102016204273

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.02.2019

(73) Titular/es:

ERWIN JUNKER MASCHINENFABRIK GMBH (100.0%)
Junkerstrasse 2
77787 Nordrach, DE

(72) Inventor/es:

JUNKER, ERWIN

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 699 329 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la mecanización completa de rectificado de piezas de trabajo con forma de eje con secciones cilíndricas y perfiladas

La invención se refiere a un procedimiento para la rectificación de piezas de trabajo con forma de eje que presentan al menos en cada caso una sección cilíndrica y perfilada en una misma y única máquina rectificadora como mecanización completa.

En el contexto de esta invención, deben entenderse por piezas de trabajo con forma de eje, por ejemplo, árboles de transmisión, rotores para bombas hidráulicas o medidores de flujo, rotores para bombas de paletas, así como rotores, por ejemplo, para compresores para compactadores, ventiladores, bombas de vacío o casos de aplicación similares. La invención descrita a continuación, sin embargo, también debe poder ser aplicada, en el sentido de una interpretación amplia de la denominación piezas de trabajo con forma de eje, a otras piezas con forma de eje como árboles de levas, cigüeñales, etc. En procedimientos conocidos para la mecanización completa de rectificado de piezas de trabajo con forma de eje con secciones cilíndricas y perfiladas, como es el caso esto, por ejemplo, en árboles de transmisión, las punciones, lados planos y diámetros necesarios se rectifican en general en secuencias de trabajo separadas y a menudo también en una máquina. Por el contrario, las secciones perfiladas o engranajes que también deben rectificarse en piezas de trabajo con forma de eje se rectifican en distintas máquinas. El empleo de varias máquinas dispuestas a menudo consecutivamente en el proceso de fabricación exige una elevada inversión en máquinas herramienta y espacios adicionales en las naves de fabricación. Esto también se aplica a piezas de rotor que presentan secciones cilíndricas y perfiladas y se rectifican de manera similar para los diferentes casos de aplicación.

Sin embargo, también es ya conocido rectificar piezas de trabajo con forma de eje con secciones cilíndricas y perfiladas en una máquina. El rectificado de las secciones cilíndricas incluye a este respecto por regla general también el rectificado de superficies de espalda planas que, por ejemplo, están presentes entre superficies exteriores cilíndricas adyacentes de diferente diámetro. En el documento DE 199 21 785 B4, se conoce un procedimiento para el rectificado de superficies de rodadura convexas y diámetros exteriores en árboles con al menos una sección de árbol con forma de disco, así como una correspondiente rectificadora para la realización del procedimiento. La pieza de eje que se ha de rectificar debe rectificarse en el sentido de una mecanización completa tanto respecto a la sección cilíndrica o las secciones cilíndricas como a las secciones perfiladas. Las secciones perfiladas se describen en este procedimiento de acuerdo con el ejemplo descrito en el documento como una sección de eje con forma de disco con superficie curvada convexamente. Tales superficies curvadas convexamente representan secciones perfiladas. El procedimiento conocido está orientado a que se rectifiquen en una sujeción todas las operaciones de rectificado, es decir, una operación de rectificado para el rectificado de las superficies de rodadura frontales convexas en la sección de eje con forma de disco y una segunda operación de rectificado para el rectificado de los correspondientes diámetros exteriores deseados o secciones cilíndricas de la pieza de eje. Esto significa que, durante toda la mecanización de rectificado, la pieza de trabajo permanece sujeta al menos entre puntas entre un cabezal portapieza y un contrapunto. Esta sujeción no se deshace, por tanto, durante toda la mecanización.

En el documento WO 2012/100 307 A8 se describe un procedimiento de este tipo para la mecanización completa de rectificado de piezas de trabajo con forma de eje con secciones cilíndricas y perfiladas, tratándose en el caso de las secciones perfiladas de perfiles configurados con forma de tornillo para rotores, por ejemplo, de compresores. En este procedimiento conocido, la pieza de trabajo permanece sujeta también de manera firme durante la mecanización completa, de tal modo que la sujeción no se deshace. Independientemente de cuántas operaciones de rectificado se realicen, en el sentido de prelijado, rectificado final, rectificado de asiento de luneta, rectificado de secciones cilíndricas, etc., se efectúa la sujeción de la pieza de trabajo al comienzo de la mecanización de rectificado, y la pieza de trabajo permanece sujeta durante todo de la mecanización de rectificado en esta sujeción.

Esto se corresponde también con el conocimiento especializado técnico conocido de manera general, de acuerdo con el cual las piezas de trabajo son rectificadas para la obtención de tolerancias más estrechas y propiedades de forma y situación mejoradas en una única máquina. El conocimiento especializado conocido parte actualmente de que, con cada cambio de sujeción, se presentan pérdidas de calidad de fabricación por errores que pueden aparecer al cambiar la sujeción.

En el documento DE 10 2010 005 630 A1 se describe la estructura técnica fundamental de una máquina con la que se puede efectuar un mecanizado de piezas de trabajo con forma de eje de acuerdo con el documento anteriormente reconocido WO 2012/100 307 A8. En el caso de este centro de rectificado, se describe ciertamente sobre todo que adicionalmente se puede disponer un depósito de almacenamiento con las toberas de refrigeración o juegos de toberas de refrigeración necesarios que deben cambiarse para la correspondiente muela abrasiva, en la mecanización completa de rectificado realizada por medio de este conocido centro de certificado, la pieza de trabajo también permanece completamente sujeta.

Respecto a esto, el objetivo de la invención consiste en elevar aún más la precisión de fabricación de tales componentes complejos como las piezas de trabajo con forma de eje que deben rectificarse en este caso, con secciones cilíndricas y con secciones perfiladas.

Este objetivo se resuelve con un procedimiento con las características de acuerdo con la reivindicación 1. Perfeccionamientos útiles se definen por medio de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención para el rectificado de piezas de trabajo que presentan al menos una sección cilíndrica y perfilada, tal mecanización completa se efectúa en una misma y única rectificadora. A este respecto, la pieza de trabajo se rectifica en la rectificadora en una primera sujeción en una primera operación de rectificado y, después, en una segunda operación de rectificado después de que se haya deshecho la primera sujeción y, a continuación, se haya generado una segunda sujeción de la pieza de trabajo.

Este modo de proceder de acuerdo con la invención, en el que en concreto se deshace específicamente la sujeción que se efectúa en la misma máquina entre mecanizados de rectificado individuales y, concretamente, sin que sea necesario retirar la pieza de trabajo de la estación de mecanizado y, a continuación, se vuelve a sujetar la pieza de trabajo para su subsiguiente mecanización y, concretamente, por regla general, con los mismos agentes de sujeción. En contra de la opinión predominante de acuerdo con el conocimiento del especialista medio, de manera sorprendente se ha puesto de manifiesto que, en un modo de proceder de este tipo, en el que se deshace consciente y específicamente la sujeción entre las operaciones de rectificado individuales, se pueden obtener cualidades de fabricación mejoradas de la pieza de trabajo tras el rectificado, en particular, en relación con las tolerancias de medida, forma y situación. Esto está relacionado, entre otras cosas, con el hecho de que, en la mecanización de las piezas de trabajo, por ejemplo, con diferentes medidas de rectificado, se genera en el proceso de mecanización un diferente desarrollo térmico. Este calor de mecanización variable puede producir diferentes dilataciones térmicas o deformaciones en la pieza de trabajo que pueden compensarse mediante una relajación intermedia de la sujeción.

Otra razón es que, en la fabricación de la pieza de trabajo bruta están presentes o permanecen diferentes tensiones residuales en el material, en particular cuando estas piezas de trabajo están expuestas antes del rectificado a tratamientos térmicos especiales como, por ejemplo, endurecimiento. En un caso de este tipo, incluso pequeñas diferencias dentro de las tolerancias técnicas admisibles en la pieza de trabajo bruta de diferentes lotes se hacen notar en la fabricación, dado que en los lotes individuales no se pueden mantener las condiciones de tratamiento térmico al 100 % constantes entre lote y lote.

Otra razón de las tensiones residuales en la pieza de trabajo puede resultar de si, por ejemplo, también se utiliza material de chatarra en la fabricación del material bruto o de la pieza de trabajo bruto, lo que sigue estando dentro de las tolerancias técnicas admisibles para la pieza de trabajo bruta o pieza bruta, pero que puede provocar en subsiguientes etapas de trabajo tensiones adicionales y deformaciones de la pieza de trabajo que se generan en relación con ello.

Entre los fabricantes de las piezas de trabajo con forma de eje con secciones cilíndricas y perfiladas que entran en cuestión en este caso, también es común que los materiales para las piezas de trabajo brutas con la misma especificación se adquieran de diferentes fabricantes, a menudo, incluso también de diferentes países. Aunque las especificaciones sean iguales, las piezas de trabajo reaccionan parcialmente de manera muy diferente en la mecanización de rectificado, en particular, por la liberación de las tensiones propias. Este problema de las tensiones propias que se liberan durante la mecanización de la estructura de material provoca forzosamente que las piezas de trabajo terminadas de mecanizar presenten divergencias en sus tolerancias de medida, forma y situación a pesar de que los parámetros de procedimiento de rectificado hayan permanecido, por lo demás, iguales. En este sentido, son absolutamente posibles y comunes oscilaciones en las medidas en el intervalo de µm y hasta el intervalo de centésimas de milímetro. En particular para ejes de rotor que se montan en rotores helicoidales y que deben peinar muy bien uno con otro como pareja de eje de rotor macho y hembra, no son aceptables tales oscilaciones, si debe garantizarse un funcionamiento de bajo desgaste, un sellado correspondiente al rodar los perfiles y similares. Sin embargo, también la diferencia de temperatura de las piezas de trabajo brutas que se alimentan a la rectificadora ejerce una influencia sobre la precisión. En este caso, las diferencias, por ejemplo, en las temperaturas de las piezas de trabajo alimentadas a la máquina y las temperaturas en el espacio interior de la máquina de mecanización parcialmente tienen consecuencias que no se pueden pasar por alto. Estas diferencias de temperatura tienen una influencia tanto mayor cuanto más pronunciadas son las temperaturas de pieza bruta que oscilan de las piezas de trabajo que son alimentadas a la máquina de mecanización.

Otro punto importante que tiene relevancia para la consecución de una precisión extremadamente elevada de tales componentes es el tipo de la mecanización previa. De este modo, las piezas brutas o piezas de trabajo brutas pueden estar realizadas de tal modo que las ranuras o engranajes de las secciones de perfil estén ya mecanizadas previamente mediante fresado u otro procedimiento de mecanización. En piezas fundidas o piezas forjadas, en caso de ranuras o engranajes de gran tamaño, también es posible parcialmente que las ranuras ya estén prefundidas o preforjadas en su forma básica, en cuyo caso presentan una sobremedida mayor de rectificado que, por ejemplo, ranuras o engranajes que ya han sido fresados cuando son alimentados a la rectificadora. Dado que la denominada piel de fundición es lijada durante la rectificación, el peligro de tensiones que se liberen durante el rectificado es particularmente elevado, dado que al lijar la piel de fundición se liberan las tensiones propias. Evitando todas las desventajas mencionadas anteriormente se logra mejorar la calidad de fabricación nuevamente de manera notable. La calidad de fabricación mejorada se obtiene de que, mediante la liberación intermedia de la sujeción, que, por lo demás, se efectúa de tal modo que el posicionamiento de la pieza de trabajo en la rectificadora se mantiene, se

«cede», por decirlo así, a la deformación de la pieza de trabajo debido a las razones mencionadas anteriormente en la mecanización por medio del rectificado. Esto significa que la pieza de trabajo puede relajarse al liberarse la tensión entremedias, de tal modo que en operaciones de rectificado posteriores se puede volver a rectificar en una pieza de trabajo relajada y sujeta de manera firme. Como se ha descrito, la deformación de la pieza de trabajo resulta de tensiones que se liberan durante la mecanización en la estructura del material. Sobre todo, esto se refiere en particular a las tensiones en la superficie de la pieza de trabajo en los puntos en los que se rectifica. Mediante la liberación de la sujeción de la pieza de trabajo, en una nueva y subsiguiente sujeción y rectificado, se puede mecanizar una pieza de trabajo al menos ampliamente exenta de tensiones de manera más precisa.

En general, las piezas de trabajo se relajan en primer lugar en la máquina, sujetándose las piezas de trabajo en la máquina de manera firme entre las puntas, como se conoce esto de manera general en el estado de la técnica. Para poder rectificar las zonas perfiladas de las ranuras o engranajes, la pieza de trabajo debe sujetarse adicionalmente radialmente sin holgura. Esto se realiza preferentemente mediante un denominado mandril de sujeción que compense. En el caso de estos mandriles de sujeción, la pieza de trabajo está centrada mediante la punta en el mandril de sujeción, y las mordazas de sujeción se colocan en el estado sujeto entre las puntas de cabezal portapieza y contrapunto de manera compensadora en la pieza de trabajo, en su diámetro, sujetando la fuerza de sujeción que se desarrolla mediante esta sujeción la pieza de manera compensadora y radialmente rígida, es decir, exenta de holgura.

Para poder girar la pieza de trabajo de manera controlada por programa de manera específica durante la mecanización, el mandril de sujeción está montado de manera firme sobre un husillo portapieza, efectuándose el accionamiento de giro en torno al denominado eje C. Para poder rectificar también el extremo de árbol en el que el mandril de sujeción sujeta la pieza de trabajo, este o las mordazas de sujeción puede o pueden ser retirados en el estado abierto. Con ello, la pieza de trabajo queda libre en el extremo del vástago, de tal modo que el diámetro de sujeción también puede ser rectificado. En este sentido, la pieza de trabajo ya solo está sujeta entre las puntas de centrado. La fricción entre las puntas de centrado accionadas y el centro en la pieza de trabajo transmite el par de fuerza requerido para el rectificado para la rotación de la pieza de trabajo. La pieza de trabajo que debe rectificarse se sujeta durante la mecanización de rectificado de tal modo que esta está sujeta entre las puntas y para el arrastre radial es sujetada firmemente de manera compensatoria por el mandril de sujeción. Dado que los componentes de eje en general presentan tal relación entre diámetros y longitudes que estos deben ser apoyados durante la mecanización, preferentemente primero se rectifica un asiento de luneta en la pieza de trabajo. Esto, sin embargo, solo es necesario cuando la relación entre diámetro y longitud exige un apoyo adicional.

De acuerdo con un primer ejemplo de realización, el rectificado de los diámetros y de los lados planos se efectúa preferentemente con una muela abrasiva que está realizada para la rectificación de escarpar. La sección cilíndrica en la pieza de trabajo se efectúa preferentemente con una primera muela abrasiva configurada de manera cilíndrica mediante un rectificado de escarpar longitudinal. La sección perfilada se fabrica con una segunda muela abrasiva perfilada mediante rectificado de perfil. Para el rectificado de los diámetros y lados planos, la muela abrasiva está rectificada de tal modo que el denominado primer corte de la muela abrasiva está rectificado en un ángulo. La mecanización principal en el rectificado de escarpar tiene lugar a este respecto en la zona corta, cónicamente rectificada de la muela abrasiva. El diámetro exterior de la muela abrasiva se mecaniza a este respecto de manera relativamente escasa, es decir, su superficie solo se utiliza para el pulido de la superficie. Con una muela abrasiva de este tipo también se puede rectificar en plano. Con eje central axialmente paralelo de la muela abrasiva en relación con el eje central de la pieza de trabajo se mantiene al rectificar lados planos una denominada rectificación con estrías paralelas sobre la superficie rectificada. Dado que esta rectificación con estrías paralelas a menudo no es deseada, se sigue rectificando preferentemente con una muela abrasiva colocada oblicuamente la correspondiente pieza de trabajo en sus diámetros y lados planos. El rectificado de las zonas diametrales se realiza también en el procedimiento de rectificado de escarpar. El rectificado de lados planos se rectifica con la superficie lateral rectificada oblicuamente de la muela abrasiva en el procedimiento de rectificado punzador oblicuo.

Sin embargo, preferentemente también es posible rectificar con una muela abrasiva de diseño ancho que sea apropiada para el rectificado punzador oblicuo varios diámetros en uno o varios procesos de rectificado punzador oblicuo simultánea o consecutivamente. En tal caso, el rectificado de los lados planos se efectúa a este respecto también con la superficie lateral rectificada oblicuamente de la muela abrasiva.

Preferentemente, la primera muela abrasiva está dispuesta sobre un cabezal portamuela, y la segunda muela abrasiva está dispuesta, además, preferentemente sobre un segundo cabezal portamuela. La ventaja de cabezales portamuelas separados para la primera muela abrasiva y para la segunda muela abrasiva consiste en que se da una mayor flexibilidad en el rectificado. Con presencia de dos cabezales portamuelas y su disposición a ambos lados de la pieza de trabajo, se da además la posibilidad de mecanizar ciertas secciones en la pieza de trabajo al menos parcialmente de manera simultánea. En la mecanización simultánea de áreas correspondientes en la pieza de trabajo y disposición de los cabezales portamuelas a ambos lados de la pieza de trabajo, también se puede obtener, además, que las fuerzas de rectificado impresas por la una muela abrasiva en la pieza de trabajo sean compensadas por la otra muela abrasiva al menos en una considerable medida.

De acuerdo con un ejemplo de realización, la pieza de trabajo es sujetada entre puntas que están colocadas en los lados finales de la pieza de trabajo y definen su eje longitudinal. Una de las puntas está dispuesta en el contrapunto,

y la otra punta está dispuesta en el cabezal portapieza. En la primera sujeción, la punta ejerce en el contrapunto mediante una carga de presión orientada axialmente una correspondiente presión de sujeción que es al menos suficientemente elevada para la rectificación de las secciones cilíndricas y/o de los lados planos. La punta que se encuentra en el contrapunto puede ser llevada de un estado en el que se ejerce la carga de presión orientada axialmente sobre la pieza de trabajo a un estado sin presión para la liberación de la sujeción. En tal estado exento de presión, la punta en el contrapunto penetra aún en el orificio de centrado en la pieza de trabajo en el lado de la pieza de trabajo orientado al contrapunto y asegura con ello la alineación de la pieza de trabajo sobre el eje longitudinal, definido por los orificios de centrado, de la pieza de trabajo. Mediante el estado exento de presión de la punta en el contrapunto, la pieza de trabajo obtiene la posibilidad de compensar ciertas tensiones internas liberadas durante el rectificado, de tal modo que se puede rectificar para la siguiente operación de rectificado con nueva sujeción entre las puntas la pieza de trabajo de manera ampliamente exenta de tensiones internas.

Para la liberación de la sujeción, es decir, para la colocación sin presión de la punta en el contrapunto, la punta de contrapunto es movida a lo largo de su eje Z. De este modo, se sitúa, por decirlo así, fuera de la acción con el orificio de centrado de la pieza de trabajo que apunta hacia la punta de contrapunto. Por "fuera de la acción" se entiende en este contexto el estado exento de presión de la punta de centrado en el orificio de centrado de la pieza de trabajo en el que ya no es posible un accionamiento giratorio por medio de la sujeción entre las puntas para la pieza de trabajo.

Al rectificarse las secciones perfiladas aparecen por regla general fuerzas de rectificado más elevadas que son introducidas por la correspondiente muela abrasiva en la pieza de trabajo. Para impedir que, en la sola sujeción de la pieza de trabajo entre puntas con las fuerzas de rectificado relativamente grandes al rectificar las secciones perfiladas, las fuerzas de fricción en la punta en el cabezal portapieza puedan no bastar de manera segura para el giro de la pieza de trabajo, en el cabezal portapieza está previsto un dispositivo de sujeción adicional que sujete la pieza de trabajo adicionalmente en el perímetro exterior de una sección cilíndrica. Preferentemente, el dispositivo de sujeción adicional sujeta la pieza de trabajo con su mordaza de sujeción que ataca en el perímetro de la pieza de trabajo. Si entre las operaciones de rectificado individuales durante el rectificado de perfil, por ejemplo, entre pre-rectificado de perfil y rectificado final del perfil, se efectúa una liberación de la primera sujeción, con el fin de una relajación completa de la pieza de trabajo, es decir, para la compensación de sus tensiones internas liberadas durante el rectificado, también debe liberarse el dispositivo de sujeción cuando se deja sin presión la punta en el contrapunto.

Sobre todo en el caso de piezas de trabajo largas, en la primera operación de rectificado se rectifica al menos un asiento de luneta y se pre-rectificado después en la segunda operación de rectificado la sección perfilada. En una tercera operación de rectificado, después se terminan de rectificar la sección cilíndrica y las superficies planas presentes en la pieza de trabajo, a lo que sucede en una cuarta operación de rectificado el rectificado final de la sección perfilada. Preferentemente, entre todas las operaciones de rectificado consecutivas se libera la sujeción en cada caso y se sujeta después de nuevo la pieza de trabajo antes de que comience la operación de rectificado que sigue en cada caso.

Después del rectificado final del asiento de luneta, se coloca preferentemente una luneta para el apoyo de la pieza de trabajo en este asiento de luneta después de que este haya sido rectificado. El apoyo por medio de una luneta es ventajoso sobre todo cuando deben realizarse operaciones de rectificado en piezas de trabajo largas en las que solo está en acción una muela abrasiva con la pieza de trabajo. El rectificado del asiento de luneta representa la primera etapa de mecanización, mientras la pieza de trabajo está sujeta firmemente en la máquina, es decir, se encuentra en la primera sujeción. Tras el rectificado del asiento de luneta se pre-rectifican otros diámetros con superficies planas que, dado el caso, se encuentran entremedias, o incluso se terminan de rectificar. El rectificado de los diámetros comprende en función de la geometría de la pieza de trabajo también el rectificado de las superficies planas que unen entre sí zonas diametrales individuales de distinto diámetro.

La presente invención se basa en la idea de que, mediante la liberación de la sujeción entre operaciones de rectificado que se desarrollan sucesivamente con garantía simultánea de la sujeción de la pieza de trabajo que debe rectificarse sobre el eje longitudinal definido por las puntas en el cabezal portapieza y en el contrapunto, así como los orificios de centrado presentes en los lados frontales de la pieza de trabajo, se reducen tensiones internas, eje longitudinal que representa el eje de referencia tomado para el rectificado. En las subsiguientes operaciones de rectificado en la pieza de trabajo se puede rectificar de manera exenta de tales tensiones internas o al menos con tensiones internas claramente reducidas. El rectificado posterior a continuación de la correspondiente liberación de la sujeción en presencia de un estado esencialmente exento de tensiones en el interior de la pieza de trabajo produce en cualquier caso resultados de rectificado mejorados y, concretamente, en contra de la opinión predominante según la cual la pieza de trabajo a ser posible debe mantenerse durante todas las operaciones de rectificado firme en esta sujeción y sin liberación entremedias de la sujeción.

La liberación de la punta del lado del contrapunto puede también efectuarse de tal modo que la punta sea retirada en una determinada medida, es decir, que no haga contacto en el centro. En este sentido, la pieza de trabajo se apoya en este estado en denominados prismas de depósito previo y, continuación, se vuelve a sujetar. Mediante este modo de proceder, se obtiene el mismo efecto técnico que en el modo de proceder anteriormente descrito.

Otras ventajas y diseños del procedimiento de acuerdo con la invención se describen de manera detallada en las

siguientes figuras. En el dibujo muestran:

la Figura 1: una vista superior sobre una rectificadora para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención con un cabezal portamuela y una estación para la sujeción de una pieza de trabajo;

la Figura 2: una vista superior sobre una rectificadora para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención con dos cabezales portamuelas y una estación para la sujeción de una pieza de trabajo;

la Figura 3: una vista superior parcial de una pieza de trabajo sujetada entre puntas para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención antes del comienzo del rectificado de un asiento de luneta;

la Figura 4A: una vista superior parcial de acuerdo con la figura 3 en el pre-rectificado de la sección perfilada en forma de un engranaje o ranuras con luneta que sirve de apoyo;

la Figura 4B: una vista parcial en dirección A de la pieza de trabajo de acuerdo con la figura 4A durante el rectificado de una sección perfilada;

la Figura 4C: una vista de sección parcial B-B de acuerdo con la figura 4B durante el rectificado de la sección perfilada configurada como ranuras longitudinales rectas;

la Figura 5: una vista superior parcial de acuerdo con la figura 3 en el rectificado final de los diámetros centrales y los lados planos de la pieza de trabajo de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención;

la Figura 6: una vista superior parcial de acuerdo con la figura 3 en el rectificado final del engranaje o las ranuras de la pieza de trabajo de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención; y

la Figura 7: ejemplos de piezas de trabajo rectificables con el procedimiento de acuerdo con la invención con secciones cilíndricas, secciones de espalda planas y secciones perfiladas.

En la figura 1, se muestra una vista superior sobre una rectificadora para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, en el que una pieza de trabajo es sujetada de tal modo que se posibilita la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la mecanización completa de rectificado para piezas de trabajo con forma de eje o elementos de eje 10. La rectificadora representada en la vista superior presenta como centro de rectificado un bastidor de máquina 1, un cabezal portapieza 2 dispuesto sobre el bastidor de máquina 1 con eje C controlado por CNC y un contrapunto 3. Entre el cabezal portapieza 2 y el contrapunto 3, la pieza de trabajo no representada está sujetada de tal modo que su eje longitudinal geométrico coincide con el eje de sujeción y rotación 4. Un carro cruzado se puede desplazar controlado por CNC paralelamente, lo que se indica mediante la flecha doble marcada como eje Z, y rectangularmente, lo que se indica mediante la otra flecha doble marcada como eje X, respecto al eje de rotación 4 de la pieza de trabajo. El carro cruzado porta a través de bandas guía perpendiculares 19, de manera desplazable controlada por CNC, lo que está representado por el eje Y, también indicado mediante flecha doble, un primer cabezal portamuela 5 en el que está fijado un husillo portamuela 9 con una muela abrasiva 11. Otra posibilidad de ajuste controlada por CNC se da mediante un eje pivotante 12 horizontal controlado por CNC dispuesto rectangularmente respecto al eje de rotación 4 de la pieza de trabajo y que está marcado y representado como eje A.

Para que puedan emplearse muelas abrasivas en el procedimiento de rectificado punzador oblicuo para el rectificado de zonas cilíndricas o cónicas en el elemento de eje, está previsto preferentemente un eje pivotante sobre el carro para el eje Z que posee un eje pivotante 13 dispuesto verticalmente y que está designado en la figura 2 como eje B. En la figura 1, no está representado este eje pivotante, dado que no es necesario para el rectificado con muela abrasiva 11 colocada oblicuamente para el rectificado de escarpar o rectificado punzador oblicuo. Esto significa que se puede rectificar en el procedimiento de rectificado punzador oblicuo, o se pueden rectificar también conos mediante pivotado del eje B. En caso de que este eje B, es decir, el eje pivotante 13, no esté presente, también es posible, sin embargo, prever esta mecanización desde arriba sobre el diámetro de eje.

Además, está previsto un husillo de rectificar 8 que porta una rueda de diamante y se utiliza para el rectificado de la muela abrasiva 11. También está representado un dispositivo 14 para el cambio de la muela abrasiva 11. Las muelas abrasivas están alojadas a este respecto en un soporte al estilo de un depósito y son alimentadas por medio del robot de implementación 15 desde el depósito al correspondiente husillo portamuela. El robot de implementación 15 presenta una unidad de sujeción 16 por medio la cual extrae en función de la necesidad la muela abrasiva deseada y opcionalmente también un determinado juego de toberas de refrigeración 17 perteneciente a la muela abrasiva y alimenta ambas cosas a la zona de la posición de actuación de la muela abrasiva en la pieza de trabajo. También es posible que el juego de toberas de refrigeración 17 sea cogido independientemente de la muela abrasiva por medio del robot de implementación y sea alimentado al lugar de ataque del rectificado, lo que puede efectuarse durante el rectificado.

En la zona posterior de la rectificadora, en la figura 1 representada arriba, está prevista una caja de distribución 18 que contiene el control CNC de la rectificadora con el que es controlada la rectificadora.

En la figura 2, se muestra una vista superior sobre una rectificadora para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención que presenta un primer cabezal portamuela 5 y un segundo cabezal portamuela 20. A este respecto, únicamente se muestra la estructura básica de la rectificadora en la vista superior. En este centro de rectificado, sobre un bastidor de máquina 1, están dispuestos un cabezal portapieza 2 y un contrapunto 3. Entre el cabezal portapieza 2 y el contrapunto 3, está configurado el eje de sujeción y rotación 4 para la pieza de trabajo 10, que coincide con el eje longitudinal de la pieza de trabajo. Sobre un husillo portapieza 2a del cabezal portapieza 2 (eje C) está montado un mandril de sujeción 6 que aloja una punta perimetral céntrica, que no está mostrado y, adicionalmente, posee mordazas de sujeción 6a compensatorias (tampoco mostradas). Estas mordazas de sujeción sujetan firmemente la pieza de trabajo en su perímetro. Este mandril de sujeción está previsto sobre todo para introducir grandes pares de accionamiento en la pieza de trabajo. Esto se requiere, por ejemplo, al menos en el rectificado de las secciones perfiladas de la pieza de trabajo 10. Para poder compensar los errores de concentricidad del centro configurado mediante el eje de sujeción y rotación 4, así como todas las demás tolerancias de medida, forma y situación en el punto de sujeción, las mordazas de sujeción 6a del mandril de sujeción 6 están realizadas de manera compensatoria. Tales casos de aplicación para mandriles de sujeción son conocidos en el estado de la técnica, de tal modo que se renuncia en este caso a la descripción de su modo de actuación.

Un primer carro cruzado, que está representado a la izquierda en la figura 2, se puede desplazar controlado por CNC respecto al eje de rotación 4 de la pieza de trabajo 10 paralelamente, lo que está representado mediante el eje Z1 en forma de una flecha doble, y rectangularmente, lo que está representado a la izquierda en la figura 2 mediante el eje X1 en forma también de una flecha doble. El primer carro cruzado porta un primer cabezal portamuela 5 en el que está fijado un primer husillo portamuela 9 con una primera muela abrasiva 11. Otras posibilidades de ajuste controladas por CNC vienen dadas por que existe una posibilidad de ajuste horizontal respecto al eje longitudinal de pieza de trabajo 4 (eje A1) y una posibilidad de ajuste por medio del eje pivotante (eje B1) controlado por CNC dispuesto vertical rectangularmente respecto al eje de rotación 4 de la pieza de trabajo 10. En la zona delantera de la figura 2 se representa montado el primer husillo portamuela 9 que sirve para el alojamiento de la muela abrasiva 11. Sobre este husillo portamuela 9, pueden cambiarse las muelas abrasivas 11 de manera complementa automática y controlada por programa por medio de un dispositivo de cambio de muela abrasiva. Junto con la muela abrasiva, de manera conocida, debe cambiarse también la adecuada tobera de agente lubricante refrigerante o el juego de toberas de agente lubricante refrigerante, lo que no se representa por separado en la figura 2.

Con el primer cabezal portamuela 5 representado a la izquierda en la figura 2, se rectifican diámetros cilíndricos y superficies planas en la pieza de trabajo 10.

Además, en la figura 2 está dispuesto en el lado izquierdo de manera axialmente paralela al husillo portapieza 2a (eje C) un husillo de rectificar 8 que sirve con su rueda de diamante para el rectificado de la primera muela abrasiva 11 del primer cabezal portamuela 5. El dispositivo para el cambio de la muela abrasiva 11 no está representado de manera independiente en la figura 2. Las muelas abrasivas 11 del primer cabezal portamuela 5 sirven para el rectificado de partes de eje o de las secciones cilíndricas en el elemento de eje, es decir, que con estas muelas abrasivas se rectifican todos los diámetros para las secciones cilíndricas, secciones cónicas y contornos similares.

En la figura 2, en el lado derecho, un segundo carro cruzado se puede desplazar controlado por CNC respecto al eje de rotación 4 de la pieza de trabajo 10 paralelamente, lo que está marcado como eje Z2 con una flecha doble, y rectangularmente, lo que está representado en la figura 2 como eje X2 también con doble flecha. Este segundo carro cruzado porta un segundo cabezal portamuela 20 desplazable (eje Y2) perpendicularmente controlado por CNC en el que está fijado un husillo portamuela 22 con una segunda muela abrasiva 21. Otra posibilidad de ajuste controlada por CNC se da mediante un eje pivotante controlado por CNC dispuesto horizontalmente respecto al eje de rotación 4 de la pieza de trabajo 10, que en la figura 2 está representado como eje A2. En la zona delantera de la rectificadora de acuerdo con la figura 2, está montado un husillo portamuela que sirve para el alojamiento de la muela abrasiva 21. Sobre este husillo portamuela 22 (véase figura 4B), pueden cambiarse las muelas abrasivas de manera completamente automática y controlada por programa por medio de un dispositivo de cambio de muela abrasiva que tampoco está representado. Junto con la segunda muela abrasiva 21, de manera conocida, debe cambiarse -si se requiere- también la adecuada tobera de agente lubricante refrigerante o el juego de toberas de agente lubricante refrigerante adecuado, lo que tampoco se representa por separado.

Un segundo dispositivo de rectificado 23 para el rectificado de la muela abrasiva 21 para el cabezal portamuela 20 dispuesto a la derecha en la figura 2 está previsto en la rectificadora, delante, en el lado derecho de la máquina.

En la zona posterior de la rectificadora, está dispuesta una caja de distribución no representada en la figura 2 que aloja todo el control eléctrico de la máquina.

Para el rectificado, las correspondientes piezas de trabajo 10 son alimentadas a la rectificadora o extraídas de la máquina de manera en sí conocida, por ejemplo, mediante un portal de carga situado interiormente o un portal de carga dispuesto sobre la rectificadora en el sentido de un procedimiento de carga y descarga.

La estructura básica representada en las figuras 1 y 2 de una rectificadora sirve para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, porque con esta estructura básica de la rectificadora se puede realizar la mecanización completa de las pieza de trabajo que presentan secciones cilíndricas, lados planos y secciones perfiladas de tal

modo que se pueden eliminar o compensar entre operaciones de rectificado tensiones internas liberadas por la mecanización o durante la mecanización en la pieza de trabajo, de tal modo que sucesivas operaciones de rectificado siempre pueden ser realizadas en una pieza de trabajo liberada al menos ampliamente de tensiones internas. El desarrollo del procedimiento de acuerdo con la invención se describe ahora con ayuda de las siguientes figuras.

En la figura 3, se representa una vista superior parcial de una parte de la rectificadora que realiza el procedimiento de acuerdo con la invención, en el que la pieza de trabajo está sujeta entre puntas antes de que se realice el rectificado de un asiento de luneta. En la figura 3, se representa esta mecanización completa de una pieza de trabajo 10 en forma de un elemento de eje. Este elemento de eje es alojado entre un cabezal portapieza 2 con eje C controlado por CNC y un contrapunto 3 en una sujeción entre puntas 2b, 3a. Para poder aplicar el par de fuerza requerido en las operaciones de rectificado y, concretamente, en particular para el rectificado de las secciones perfiladas, está también alojado sobre el husillo portapieza 2a en un extremo de eje 10a del lado del vástago un mandril de sujeción 6, en sí ya conocido por el estado de la técnica, compensatorio y retraíble axialmente. En la posición extendida del mandril de sujeción 6 o de sus mordazas de sujeción 6a, en el extremo de eje 10a del lado de vástago de la pieza de trabajo 10 esta puede ser sujetada firmemente, de tal modo que se pueden transmitir elevados pares de fuerza radiales a la pieza de trabajo 10 durante la mecanización de rectificado. Esto será necesario en la mayoría de los casos en el rectificado de las secciones perfiladas 10c em forma de geometrías de ranuras o engranajes. De acuerdo con la representación de la figura 3, las mordazas de sujeción 6a del mandril de sujeción están colocadas en la zona de sujeción de la pieza de trabajo, es decir, en su extremo de eje del lado de vástago. Por eso, en un estado sujeto de este tipo, no se puede rectificar el contorno exterior cilíndrico de este extremo de eje del lado de vástago. Debido a ello, es necesario que, para el rectificado de esta zona de sujeción, se liberen las mordazas de sujeción 6a de la pieza de trabajo 10 y el mandril de sujeción sea retraído con sus mordazas de sujeción 6a. Para el rectificado de estas zonas exteriores cilíndricas, sin embargo, la pieza de trabajo permanece sujeta firmemente entre las puntas 2b, 3a. A este respecto, el arrastre de la pieza de trabajo 10 a su rotación se efectúa mediante fricción entre la punta de centrado 2b en el mandril de sujeción y el centro presente en la pieza de trabajo 10 en el que penetra esta punta de centrado 2b. En el lado contrario al cabezal portapieza, está previsto un contrapunto 3 que ataca mediante accionamiento preferentemente hidráulico en el centro dispuesto en el lado orientado a la punta de centrado 3a del contrapunto 3. La punta de contrapunto 3a se puede mover en dirección axial de la pieza de trabajo, de tal modo que, con la correspondiente configuración de una presión axial, la pieza de trabajo se mantiene de manera centrada entre las dos puntas de centrado 2b y 3a de tal modo que se garantiza un arrastre rotatorio por medio del cabezal portapieza 2.

El rectificado de un asiento de luneta 25 se efectúa ahora del modo representado en la figura 3 según el procedimiento de rectificado de escarpar con muela abrasiva 11 colocada oblicuamente. Tras finalización de esta operación de rectificado del rectificado del asiento de luneta, se libera la sujeción de la pieza de trabajo 10, de tal modo que la pieza de trabajo puede relajarse y se liberan las tensiones internas. Adicionalmente, se libera el mandril de sujeción con sus mordazas de sujeción de la pieza de trabajo. En este estado, la punta de contrapunto 3a se queda sin presión y solo se apoya en el centro del elemento de eje. De este modo, la pieza de trabajo ya no está firmemente sujeta, aunque se mantiene su posición centrada sobre el eje de sujeción y rotación 4, es decir, el eje longitudinal geométrico 4 de la pieza de trabajo. No puede haber una pérdida de precisión, por el contrario, la precisión del resultado de rectificado se eleva porque, entre dos operaciones de rectificado sucesivas entre sí, la pieza de trabajo tiene la posibilidad de relajarse, de tal modo que las siguientes operaciones de rectificado pueden rectificarse en una pieza de trabajo relajada, es decir, liberada esencialmente de tensión interna.

En principio, también sería concebible liberar la punta de contrapunto 3a completamente del centro para la sujeción; sin embargo, para tal caso, debería ponerse cuidado, por ejemplo, mediante un asidor adicional u otro apoyo, en que la pieza de trabajo esté apoyada en este estado. Después de que se ha efectuado el proceso de relajación, durante el cual lógicamente se ha interrumpido del rectificado, se efectúa una nueva sujeción de la pieza de trabajo, de tal modo que puede sucederse una siguiente operación de rectificado.

En la figura 4A, se muestra una vista superior parcial de acuerdo con la figura 3 en el pre-rectificado de la sección perfilada en forma de un engranaje o de ranuras con luneta colocada/apuntalando. El pre-rectificado de la sección cilíndrica 10c se efectúa por medio de una muela abrasiva 21 con recubrimiento galvánico. Esto se efectúa de un modo en sí conocido mediante procedimiento interpolado mediante eje controlado por CNC o mediante ejes controlados por CNC. Respecto a la precisión que se quiere alcanzar, las muelas abrasivas 21 con recubrimiento galvánico son muy apropiadas para el pre-rectificado, sobre todo también porque pueden realizar un elevado volumen de mecanizado por unidad de tiempo.

Después de esta operación de rectificado como pre-rectificado de la sección cilíndrica 10c, se libera la sujeción de la pieza de trabajo para compensar las tensiones interiores presentes dado el caso en la pieza de trabajo por el rectificado, y concretamente de tal manera que las mordazas de sujeción 6a del mandril de sujeción 6 se liberen y solo permanezca la punta de contrapunto 3a sin presión en el centro del elemento de eje 10. De este modo, la pieza de trabajo ya no está firmemente sujeta, pero mantiene su posición definida, lo que es importante en relación con la precisión para sucesivas operaciones de rectificado. Tras relajación efectuada de la pieza de trabajo 10, esta es sujetada de nuevo firmemente de manera conocida, después de que se hayan liberado mediante la liberación de la sujeción las tensiones internas en la pieza de trabajo. La relajación de la pieza de trabajo es útil a este respecto

tanto después del pre-rectificado como después del rectificado final de las secciones individuales, en cualquier durante todo el tiempo hasta que la mecanización completa en la pieza de trabajo no haya concluido.

En la figura 4a, se muestra la pieza de trabajo 10 sujeta entre las puntas 2b y 3a con mandril de sujeción 6 simultáneamente colocado con sus mordazas de sujeción 6a. La pieza de trabajo presenta un extremo de eje del lado de vástago 10a, secciones cilíndricas 10b, que están delimitadas por lados planos, y secciones perfiladas 10c. En un asiento de luneta 25 rectificado, está colocada una luneta 26 para el apoyo de la pieza de trabajo con forma de eje relativamente larga. El mandril de sujeción 6 con la punta de centrado 2b situada interiormente está fijado sobre el husillo portapieza 2a del cabezal portapieza 2. Como se muestra en la figura 4A, cuando se rectifica la sección perfilada 10c por medio de la muela abrasiva 21, el dispositivo de sujeción 6 con sus mordazas de sujeción 6a permanece sujeto en el extremo de eje del lado de vástago 10a. Para poder rectificar las correspondientes secciones perfiladas, la muela abrasiva 21 se puede aproximar por medio de su cabezal portamuela, no representado, y el husillo portamuela que porta sobre el cabezal portamuela la muela abrasiva 21 por medio de los dos ejes X2 y Z2 de manera correspondiente a la forma geométrica de la sección cilíndrica.

En el contrapunto 3, está representado un control de presión 30 por medio del cual se puede ajustar la presión axial de la punta de contrapunto 3a sobre el centro dispuesto en el extremo frontal de la pieza de trabajo, de manera preseleccionable en el control CNC. Esta presión axial sirve para el aseguramiento de las fuerzas de sujeción durante el proceso de rectificado. Para la relajación, la punta de contrapunto 3a deja de recibir presión en su correspondiente centro de la pieza de trabajo 10, con lo que la pieza de trabajo queda exenta de presión respecto a su sujeción.

La figura 4B muestra una vista parcial en dirección A de la pieza de trabajo, que se corresponde con el estado de rectificado de acuerdo con la figura 4A y, concretamente, durante el rectificado de su sección cilíndrica.

La situación de sujeción representada en la figura 4B, se corresponde a este respecto con la representada de acuerdo con la figura 4A. De acuerdo con esta vista parcial, la pieza de trabajo 10 está siendo rectificada en la sección perfilada 10c. Los ejes de ajuste A2, Y2 y Z2 está representados mediante correspondientes flechas dobles. La pieza de trabajo está representada en el primer plano sujeta entre las puntas 2b y 3a. La muela abrasiva 21 para el rectificado de la sección cilíndrica 10c está representada respecto al plano de dibujo de acuerdo con la figura 4B detrás de la pieza de trabajo e inclinada con su husillo portamuela 22 de tal modo que las ranuras rectas que discurren oblicuamente en la sección perfilada 10c pueden ser rectificadas mediante un correspondiente modo de trabajo interpolado entre los ejes Z2 y C.

En la figura 4C, está representada la situación de rectificado de acuerdo con la figura 4B referida al plano de corte B-B. En la pieza de trabajo 10, la sección perfilada 10c se muestra en forma de un engranaje o varias ranuras perimetralmente distribuidas que se extienden en dirección longitudinal de la pieza de trabajo. La muela abrasiva 21 está alojada por su husillo portamuela 22 y puede pivotar en el ángulo de inclinación del engranaje que discurre oblicuamente de manera controlada por CNC por medio del eje A2. De manera esquemática también están representados los ejes C, Y2 y X2 mediante respectivas flechas dobles. En función del requerimiento, con el procedimiento de acuerdo con la invención, se puede rectificar una sección perfilada también con ranuras que discurran curvadamente como en rotores helicoidales.

La figura 5 muestra una vista superior parcial de acuerdo con la figura 3 en el rectificado final de las secciones cilíndricas y los lados planos de la pieza de trabajo de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención. La estructura fundamental se corresponde con la de la figura 3, de tal modo que esta estructura básica no se explica de nuevo.

El principio fundamental es que, durante la operación de rectificado realizada, la pieza de trabajo permanece sujeta, pero tras esta, se libera la sujeción para que puedan liberarse tensiones internas en la pieza de trabajo y, para las subsiguientes operaciones de rectificado, se pueda garantizar un estado exento de tensión de la pieza de trabajo. El rectificado final de las correspondientes secciones se efectúa en la versión representada de acuerdo con la figura 5 tras el procedimiento de rectificado de escarpar con muela abrasiva 11 posicionada oblicuamente. También es posible en principio que el rectificado de estas secciones se pueda efectuar también con muela abrasiva 11 posicionada oblicuamente, de tal modo que debe punzarse repetidamente. En este caso, las secciones cilíndricas se rectifican en el procedimiento de rectificado punzador oblicuo. Después de que las secciones cilíndricas hayan sido terminadas de rectificar, se efectúa de nuevo una relajación de la pieza de trabajo 10, es decir, tras esta operación de rectificado, se libera la sujeción de la pieza de trabajo 10 para su relajación y concretamente de tal manera que las mordazas de sujeción 6a del mandril de sujeción 6 se liberen y solo permanezca la punta de contrapunto 3a sin presión en el centro del elemento de eje 10. De este modo, la pieza de trabajo ya no está sujeta, de tal modo que se liberan las tensiones internas liberadas o generadas en el rectificado y, en caso de un nuevo rectificado, se presenta un estado de mecanización de la pieza de trabajo libre de tensiones internas.

En la figura 6, se muestra una vista lateral de la zona de la rectificadora en la que está sujeta la pieza de trabajo y, concretamente, al rectificarse la sección perfilada 10c de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención.

La estructura fundamental y el modo de proceder en el rectificado o entre las operaciones de rectificado individuales

se corresponde con lo anteriormente descrito, en particular respecto a las figuras 3 y 5, de tal modo que esta estructura fundamental no se explica de nuevo. De acuerdo con la figura 6, se efectúa el rectificado final de la sección perfilada 10c. La sección perfilada 10c está configurada en el presente ejemplo como un engranaje dentado oblicuamente, efectuándose el rectificado con una muela abrasiva 21 con recubrimiento galvánico o cerámico. Se puede emplear preferentemente una muela abrasiva revestida cerámicamente para terminar de rectificar la sección perfilada 10c. El rectificado final se efectúa de una manera en sí conocida mediante un procedimiento interpolado de los diferentes ejes controlados por CNC para la segunda muela abrasiva 21. Se entiende que, para obtener una precisión muy elevada, las muelas abrasivas 21 con recubrimiento galvánico deben presentar una precisión muy elevada para el rectificado final. Si se utilizan muelas abrasivas 21 con revestimiento cerámico, estás deben proveerse mediante rectificado con el correspondiente perfil. Este último paso de trabajo se puede suprimir si la precisión exigida en la pieza de trabajo 10 terminada ya se puede alcanzar mediante el procedimiento de pre-rectificado anteriormente descrito para la sección perfilada. En tal caso, el pre-rectificado descrito en las figuras 4A, B, C será al mismo tiempo la operación de rectificado final. Después de que la operación de rectificado final de la sección perfilada 10c ha concluido, se libera la sujeción para la pieza de trabajo y la misma es extraída con un sistema de manipulación apropiado de la máquina.

Y finalmente, en la figura 7 se muestran a modo de ejemplo piezas de trabajo tipo eje que pueden ser rectificadas con el procedimiento de acuerdo con la invención. Estas piezas de trabajo con forma de eje presentan secciones cilíndricas y también secciones perfiladas. Se trata a este respecto de un árbol de transmisión 27a, otro árbol de transmisión 27b, presentando el último tres secciones perfiladas, así como dos ejes de rotor 28/29 para compresores, bombas de vacío o bombas de desplazamiento. A partir de estos componentes con forma de eje con secciones perfiladas, indicados a modo de ejemplo, se pone de manifiesto que se trata en el caso de estos componentes de diseños de superficie altamente complejos que requieren una precisión de fabricación muy elevada, porque estos ejes deben peinar con correspondientes ejes y los respectivos flancos deben rodar unos sobre otros. Si los ejes representados deben utilizarse para compresores o bombas de desplazamiento, los requisitos son áun más elevados porque, junto con la rodadura sencilla, se debe garantizar una función estanqueizante en los perfiles al peinar uno con otro dos de estos ejes fabricados.

De manera sorprendente, se ha puesto de manifiesto que la mecanización completa de rectificado de tales piezas de trabajo diseñadas de manera relativamente compleja no exige precisamente una única sujeción no liberada durante toda la mecanización para la obtención de precisiones mejoradas de medida, posición y forma.

Lista de referencias

1 Bastidor de máquina

2 Cabezal portapieza
2a Husillo portapieza
2b Punta de cabezal portapieza
3 Contrapunto
3a Punta de contrapunto
4 Eje de sujeción y rotación
5 Primer cabezal portapieza
6 Mandril de sujeción
6a Mordazas de sujeción
8 Primer husillo de rectificar
9 Primer husillo portamuela
10 Pieza de trabajo / Elemento de eje
10a Extremo de eje del lado de vástago
10b Sección cilíndrica
10c Selección perfilada
11 Primera muela abrasiva
12 Eje pivotante (eje A)
13 Eje pivotante (eje B)
14 Dispositivo para el cambio de la muela abrasiva
15 Robot de implementación
16 Unidad de sujeción
17 Juego de toberas de refrigeración
18 Caja de distribución
19 Bandas guía perpendiculares
20 Segundo cabezal portamuela
21 Segunda muela abrasiva
22 Segundo husillo portamuela

23 Segundo husillo de rectificar
24 Tubos de agente refrigerante/lubricante
25 Asiento de luneta
26 Luneta
27a Árbol de transmisión
27b Árbol de transmisión
28 Eje de rotor para compresores, ventiladores, bombas de vacío, etc.
29 Eje de rotor para bombas de desplazamiento
30 Control de presión

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la rectificación de piezas de trabajo (10) que presentan al menos en cada caso una sección cilíndrica (10b) y una sección perfilada (10c) en una misma y única máquina rectificadora (100) que presenta un cabezal portapieza (2) y un contrapunto (3), rectificándose la sección cilíndrica (10b) con una primera muela abrasiva (11) no configurada cilíndricamente, rectificándose la pieza de trabajo (10) en la rectificadora (100) en una primera sujeción en una primera operación de rectificado, **caracterizado**
porque después de la primera operación de rectificado se deshace la primera sujeción,
porque a continuación se genera una segunda sujeción,
porque la pieza de trabajo (10) se rectifica después en una segunda operación de rectificado y **porque** la sección perfilada (10c) se fabrica con una primera muela abrasiva perfilada (21) mediante rectificado del perfil.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en otras operaciones de rectificado, la sujeción se deshace en cada caso y después se sujeta de nuevo la pieza de trabajo (10) antes de que comience la siguiente operación de rectificado.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la primera muela abrasiva (11) está dispuesta en un primer cabezal portamuela (5).

4. Procedimiento según las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado porque** la segunda muela abrasiva (21) está dispuesta en un segundo cabezal portamuela (20).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la pieza de trabajo (10) se sujeta entre puntas (2b, 3a) que definen su eje de sujeción y rotación (4) y que penetran en orificios de centrado aplicados en sus lados finales, estando dispuesta una de las puntas (3a) en el contrapunto (3) y ejerciendo en la primera sujeción una carga de presión orientada axialmente sobre la pieza de trabajo (10), que para liberar la sujeción es llevada a un estado exento de presión.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** para liberar la sujeción, la punta de contrapunto (3a) se mueve a lo largo de su eje Z y es puesta fuera de la acción con el orificio de centrado de la pieza de trabajo (10) orientada hacia la punta de contrapunto (3a).

7. Procedimiento según las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado porque** la pieza de trabajo (10) es sujetada en su sujeción con un dispositivo de sujeción adicional (6) que ataca en el perímetro exterior de una sección cilíndrica (10b) de la pieza de trabajo (10), en particular, por medio de mordazas de sujeción (6a).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** en la primera operación de rectificado se rectifica al menos un asiento de luneta (25), en la segunda operación de rectificado se pre-rectifica la sección perfilada (10c), en una tercera operación de rectificado se termina de rectificar la sección cilíndrica (10b) y superficies planas presentes en la pieza de trabajo (10) y en una cuarta operación de rectificado se termina de rectificar la sección perfilada (10c), deshaciéndose de nuevo en cada caso entre todas las operaciones de rectificado consecutivas la sujeción y sujetándose después de nuevo la pieza de trabajo (10) antes de que comience la siguiente operación de rectificado.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** se coloca una luneta (26) para el apoyo de la pieza de trabajo (10) en el asiento de luneta (25) después de que este haya sido rectificado.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** las secciones cilíndricas (10b) se fabrican mediante rectificado de descortezado longitudinal o rectificado punzador y las secciones perfiladas (10c), mediante rectificado de perfil.

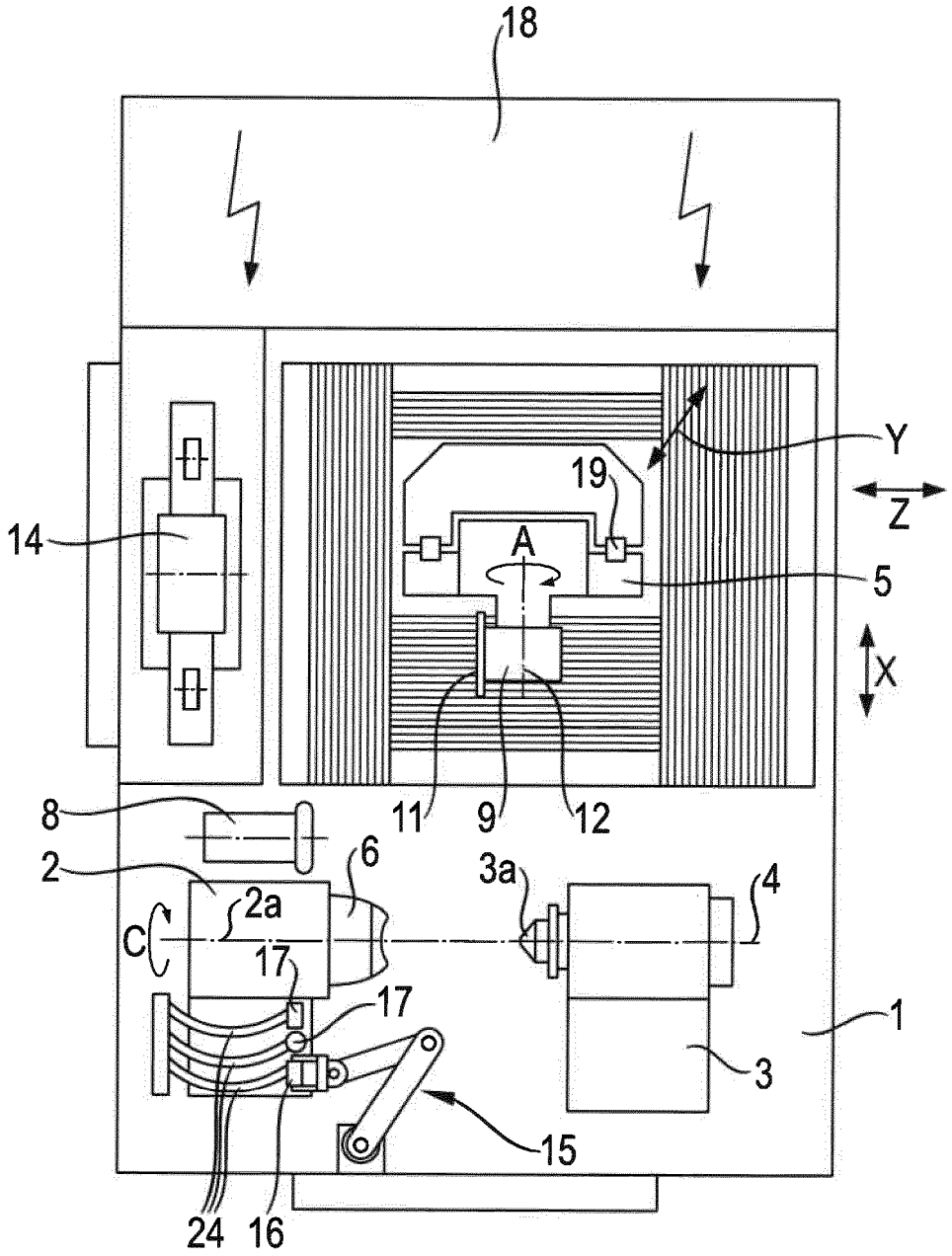


Fig. 1

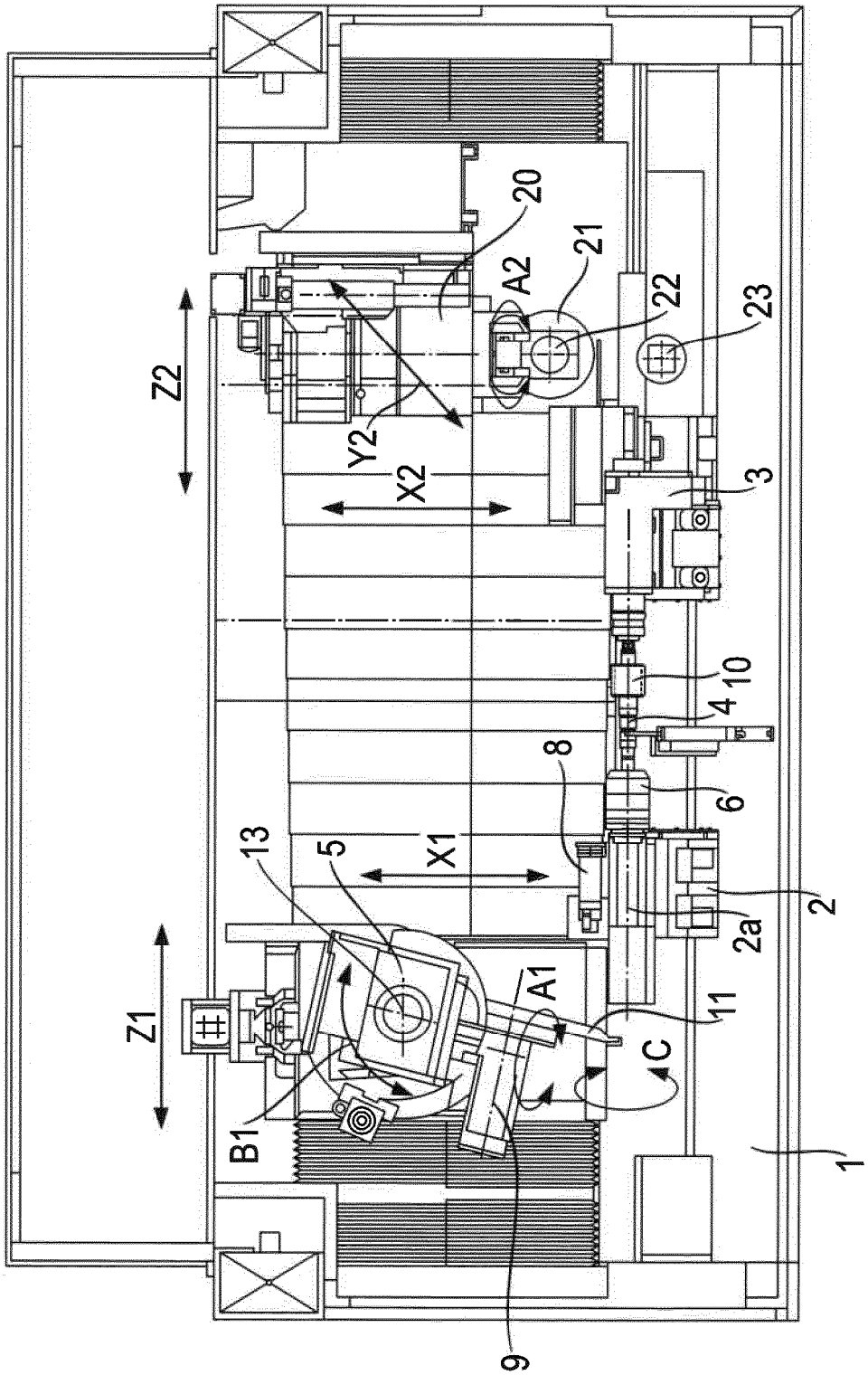


Fig. 2

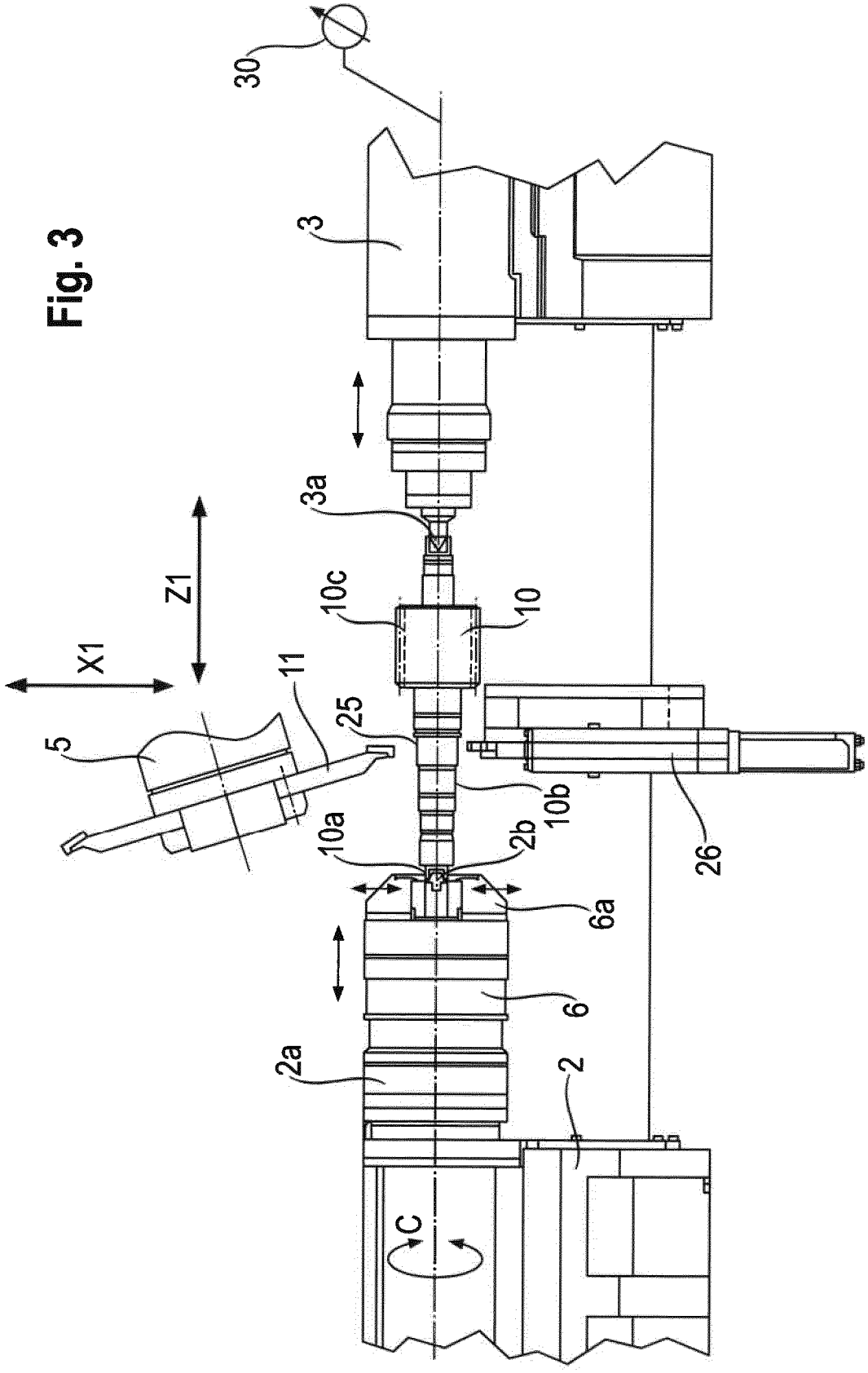


Fig. 3

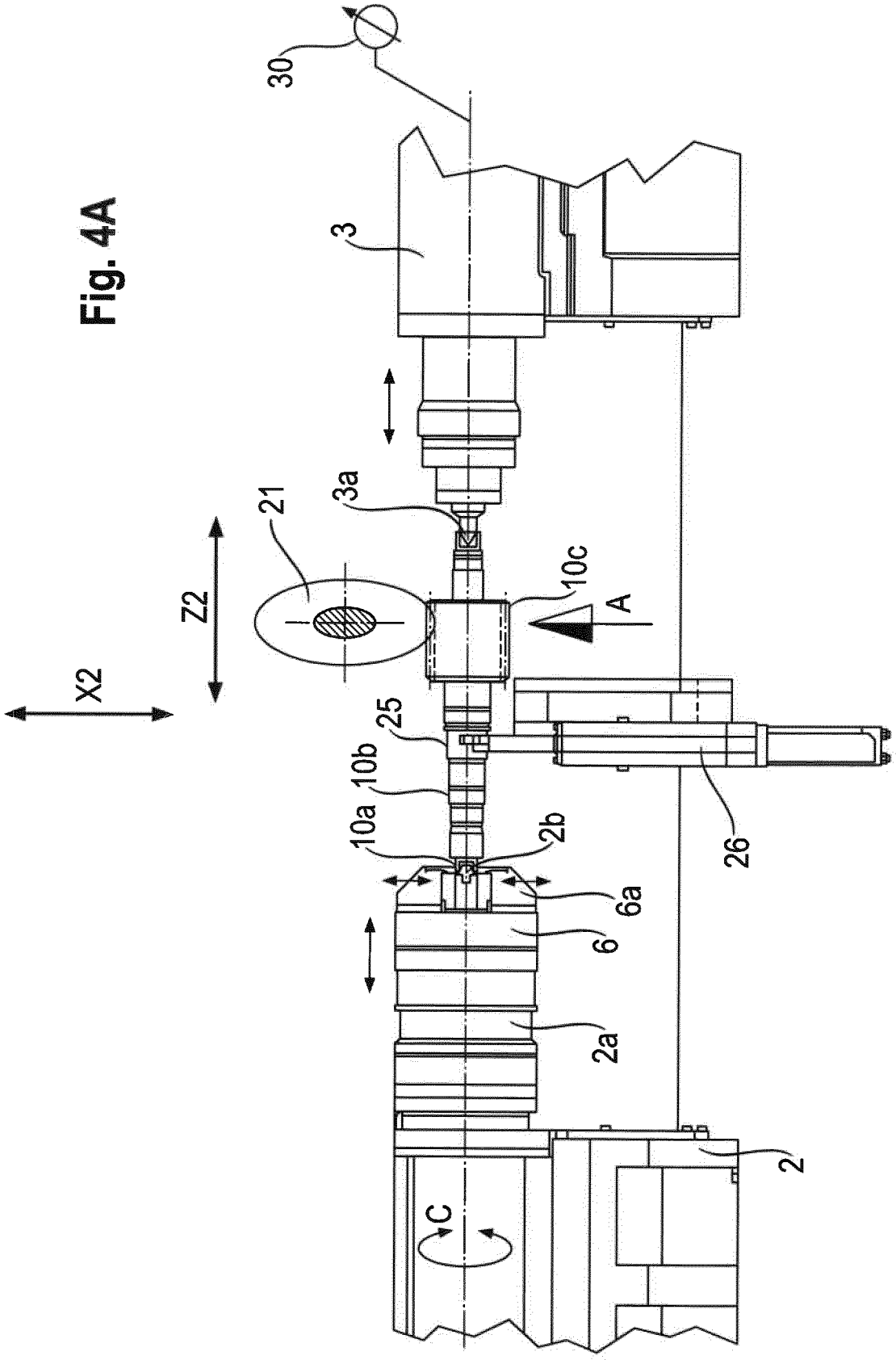


Fig. 4A

Fig. 4B

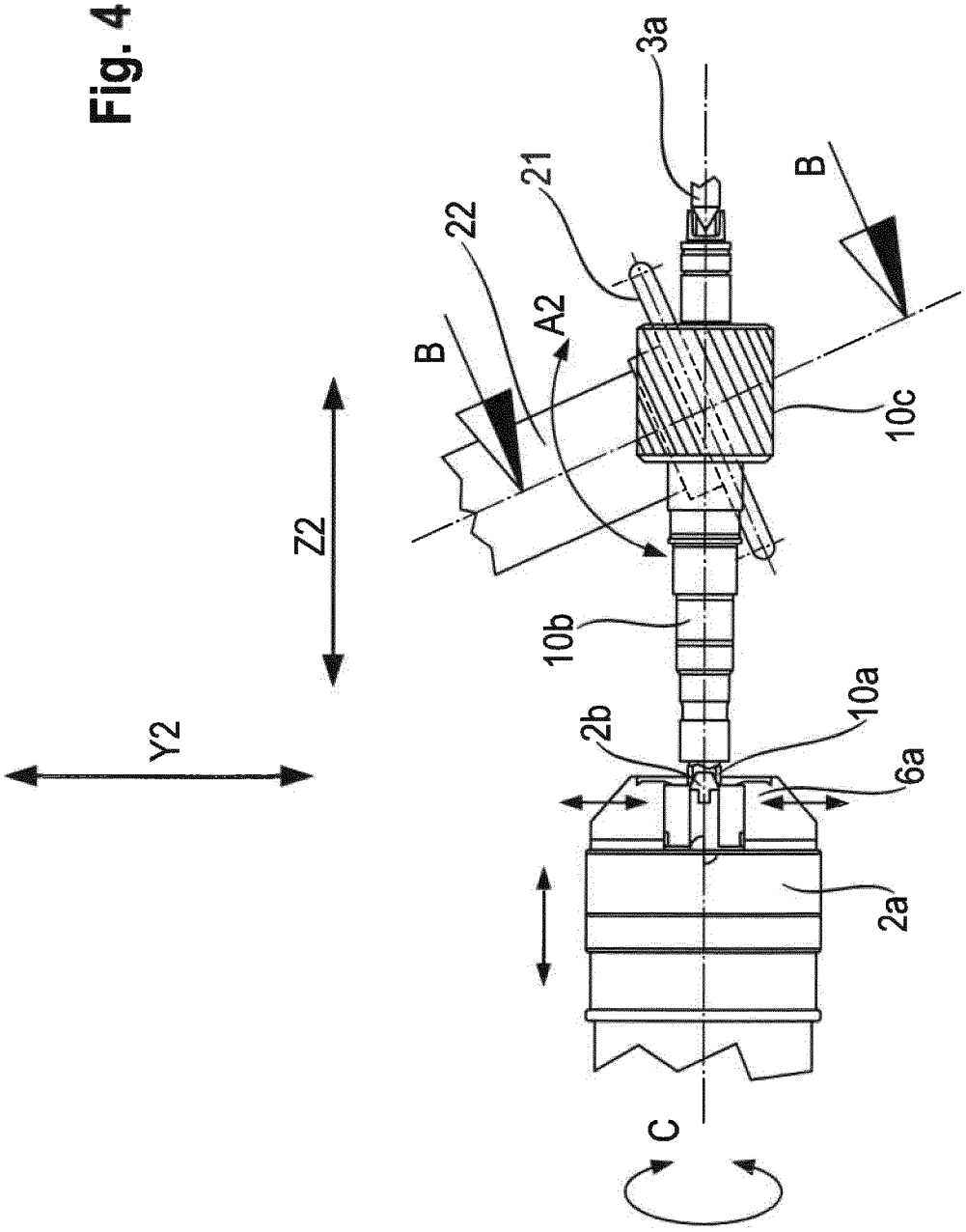


Fig. 4C

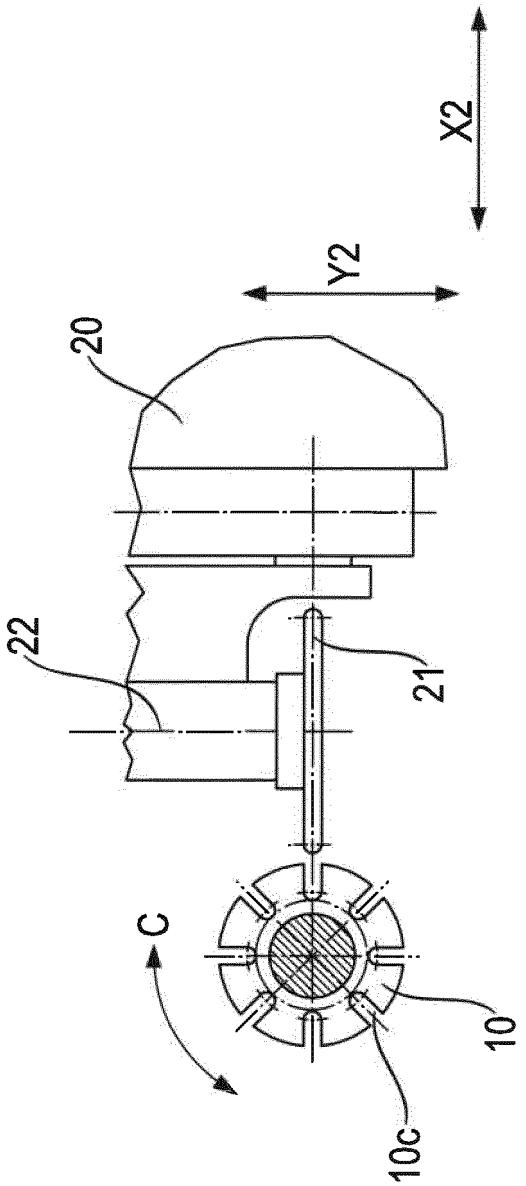
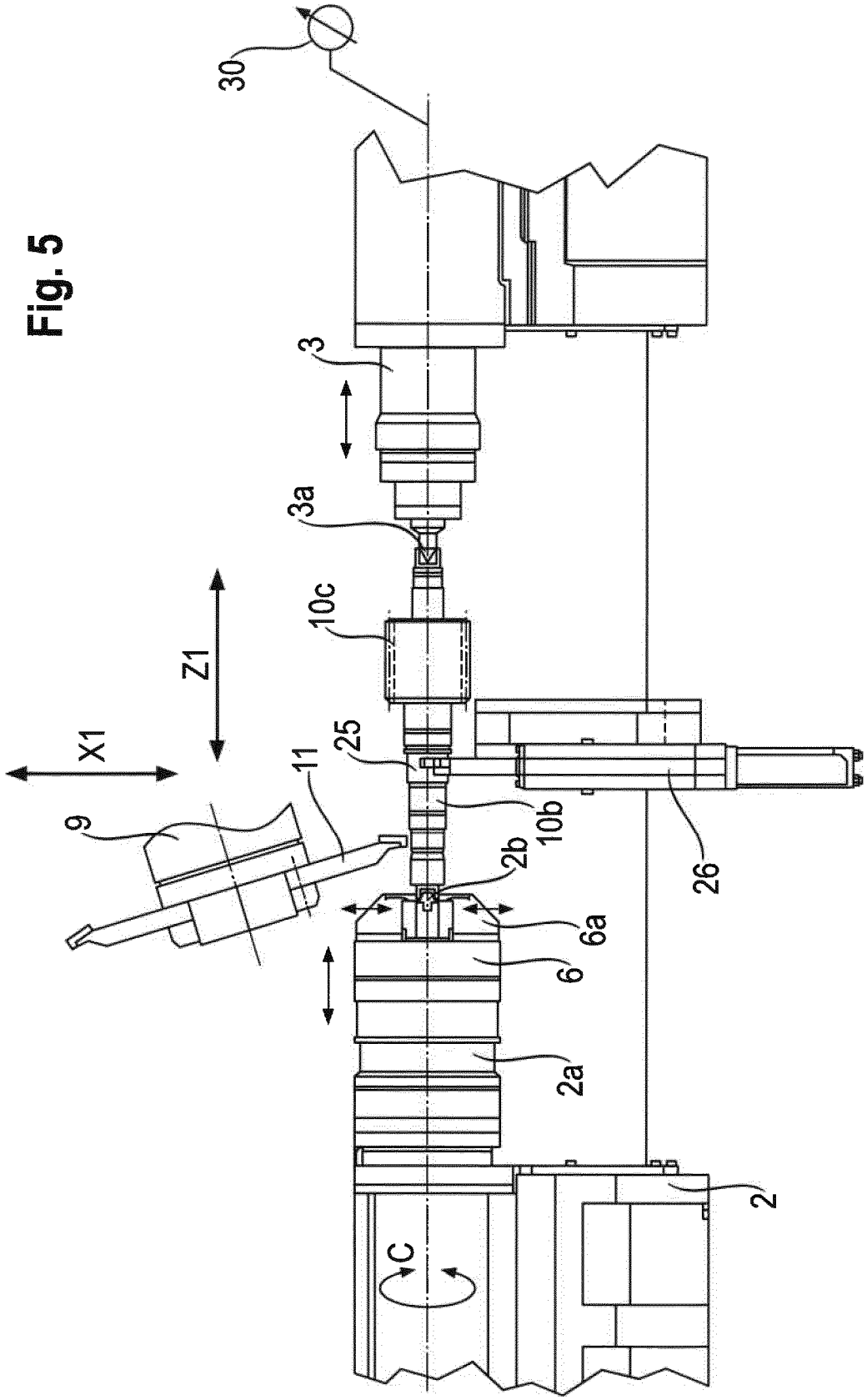


Fig. 5



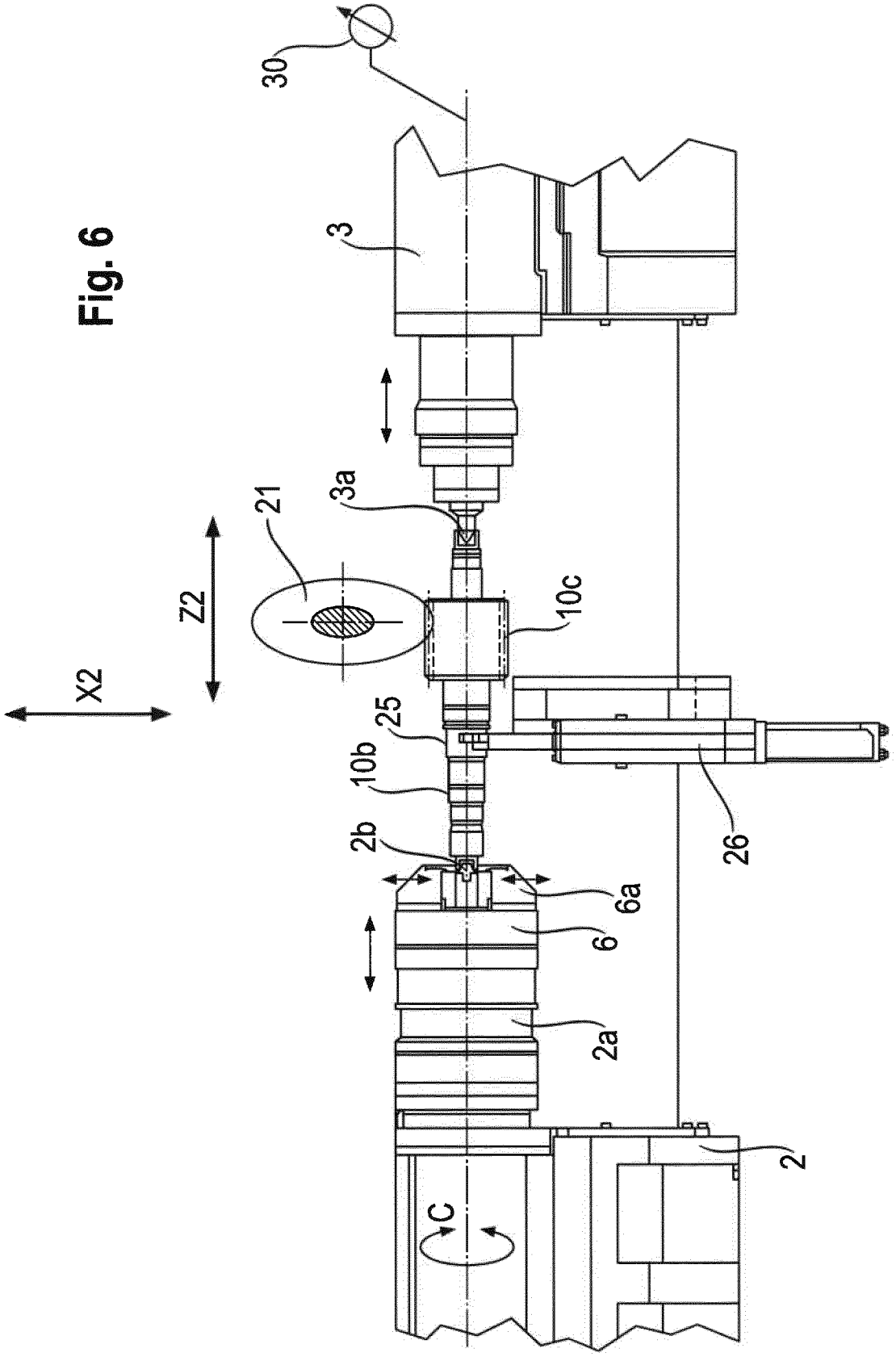


Fig. 6

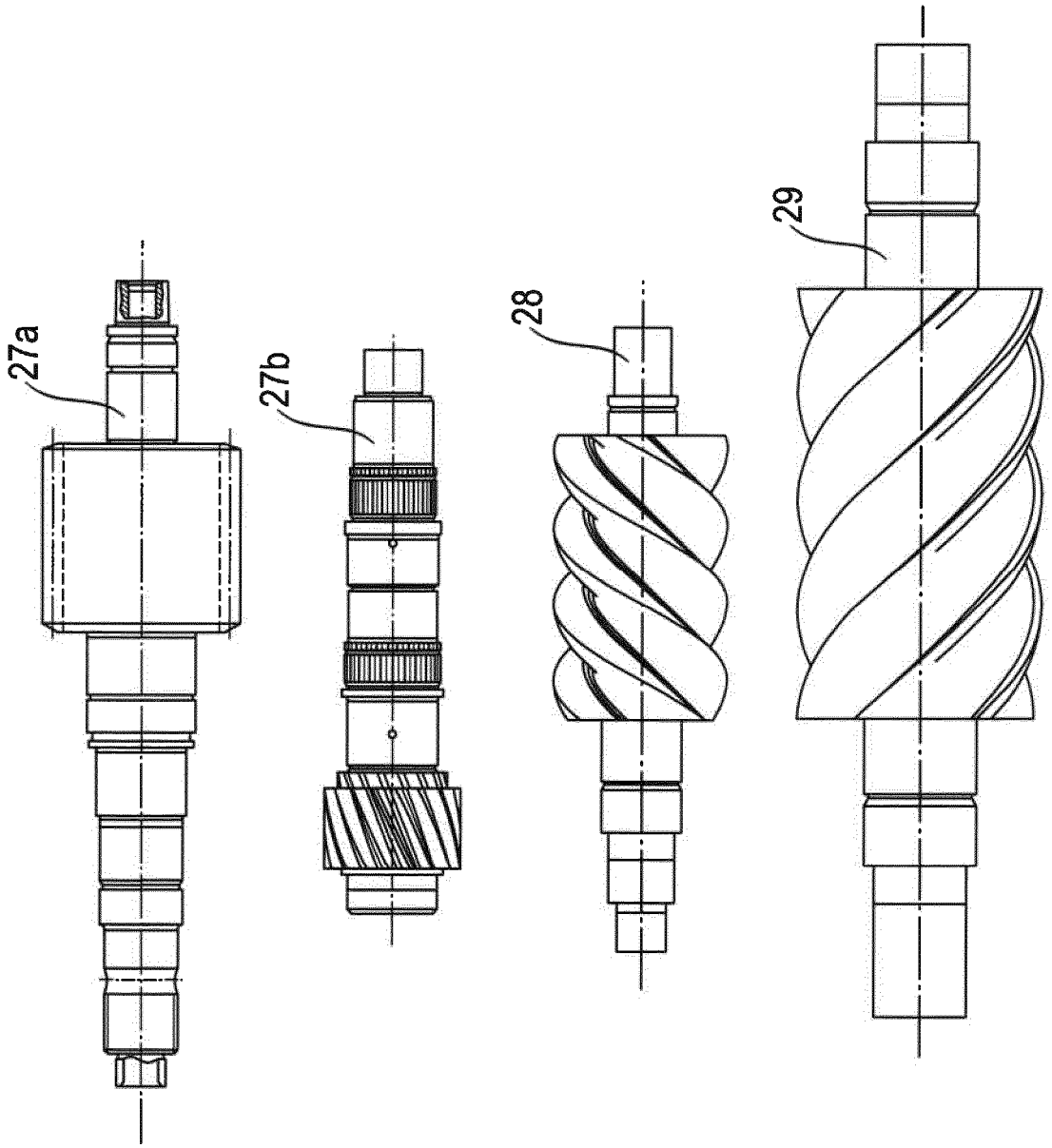


Fig. 7