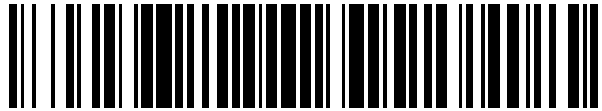


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 570**

51 Int. Cl.:

**B23Q 5/10** (2006.01)

**H02K 26/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2008 E 08801033 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2195136**

54 Título: **Disposición de una mesa giratoria de máquinas herramientas grandes, especialmente fresadoras mandrinadoras**

30 Prioridad:

**22.08.2007 CZ 20070572**

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

**02.04.2013**

73 Titular/es:

**PELUG - TECH S.R.O. (100.0%)  
Rychtárov 187  
682 01 Vyskov, CZ**

72 Inventor/es:

**LUSKA, PETR**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 399 570 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**

Disposición de una mesa giratoria de máquinas herramientas grandes, especialmente fresadoras mandrinadoras

Campo del Invento

5 El invento se refiere a la disposición de una mesa giratoria de grandes máquinas herramientas, en particular de fresadoras mandrinadoras creada por un motor de par y un sistema de montaje.

Estado de la Técnica

10 Hasta ahora, el accionamiento para máquinas de trabajo, especialmente máquinas herramientas, por ejemplo para fresadoras mandrinadoras, centradores de mecanización, mesas giratorias o fresas grandes de posicionamiento ha sido resuelto con la ayuda de los electromotores clásicos provistos con una caja de engranajes. El electromotor es de construcción usual. Sus partes principales son un estator estático y un rotor giratorio que están mutuamente separados por un espacio de aire. Mediante la ayuda de sistemas de cableado colocados en ambas partes, la energía eléctrica suministrada es cambiada, por medio del campo electromagnético en el espacio de aire, en una mecánica, que es proporcionada por el motor, en el árbol del rotor, al dispositivo accionado. Con este propósito, se ha construido usualmente un electromotor con un rotor largo de un diámetro menor. La fuerza del electromotor, y por esto la carga, es creada de modo que el vector fuerza es pequeño, pero está actuando en una mayor longitud (la longitud del motor), de modo que pequeños vectores son añadidos o sumados juntos. La conexión del electromotor con la caja de engranajes tiene la tarea de convertir la elevada velocidad del motor y el bajo par en una baja velocidad del motor y un par elevado, que son necesarios para accionar esas máquinas herramientas. Tal disposición constructiva soporta muchas desventajas, entre otras también una necesidad de utilizar cajas de engranajes grandes y complicadas. La utilización de cajas de engranajes de construcciones complicadas supone muchos problemas tales como una holgura o juego entre engranajes, que causa ruido y falta de exactitud. La gran complejidad del dispositivo no es despreciable tampoco, ya que está causando elevados gastos de producción. Una posibilidad de posicionamiento exacto o la de posicionamiento interpolando dos o más ejes parece muy problemática. Las desventajas antes mencionadas son resueltas por el motor de par. Estos motores son motores síncronos alternos excitados por un campo permanente, que están caracterizados por un gran momento a baja velocidad. Tales parámetros hacen posible construir accionadores sin cajas de engranajes. El árbol del motor está posicionado en cojinetes radiales y los motores están provistos de sensor de posición y refrigeración por agua. Su ventaja no solamente es un área formada pequeña, lo que se consigue omitiendo la caja de engranajes, sino también prácticamente sin holguras, mayor eficiencia total, alta dinamicidad, sin mantenimiento de caja de engranajes y también menor ruido en comparación con un accionamiento proporcionado por la caja de engranajes. Hasta ahora, los motores de par han ganado terreno en las máquinas para el tratamiento de materiales plásticos, en las máquinas textiles, de envasado y de tratamiento de papel.

35 En el documento DE 102 04 965 C1 un conjunto de máquina comprende un bastidor de máquina, una pluralidad de puestos de trabajo dispuestos sobre una placa portadora circular asegurada sobre la superficie del bastidor de máquina, y un plato giratorio que es accionado rotacionalmente en ciclos y está dispuesto concéntricamente con la placa portadora. El plato giratorio sobresale a lo largo de la circunferencia de la placa portadora y forma una superficie de soporte en forma de anillo para piezas que rodea a la placa portadora. El bastidor de la máquina es un componente moldeado de máquina que comprende una subestructura a modo de mesa y una ménsula en el lado superior con una superficie de montaje en forma de anillo para recibir un accionamiento para el plato giratorio. El accionamiento del plato giratorio es un accionamiento directo que comprende un estator en forma de anillo con arrollamientos eléctricos que está asegurado sobre la superficie de montaje, y un rotor provisto con imanes permanentes. El rotor forma un portador y está conectado de modo separable con el plato giratorio.

Resumen del Invento

45 El propósito del invento es crear tal disposición de una mesa giratoria de grandes máquinas herramientas, en particular fresadoras mandrinadoras, que hará posible una puesta en marcha y paradas precisas de la mesa de la máquina herramienta con grandes masas.

50 Esta tarea satisface las desventajas antes mencionadas y reemplaza la disposición de una mesa giratoria de una máquina herramienta grande, en particular de fresadoras mandrinadoras, cuyo objeto consiste en el hecho, de que la parte integral de su parte estática es un estator del motor de par, y la parte integral de su parte giratoria es un rotor del motor de par, donde tanto el rotor como el estator del motor de par están alineados axialmente entre sí y con el eje central de la máquina y están fijados al sistema de montaje, siendo la relación del diámetro del estator a la altura del estator del motor de par mayor de 2. El par de motor es mayor de 10.000 Nm y el motor tiene un número de polos mayor, usualmente mayor de 100.

55 La mesa giratoria, cuando es utilizada para grandes máquinas herramientas, por ejemplo fresadoras mandrinadoras, tiene su parte estática formada por el soporte de máquina, en el que el estator del motor de par está fijado provisto de al menos un arrollamiento, mientras que la parte giratoria es creada por la placa de trabajo de la máquina, cuya parte forma el rotor de la máquina de par provista con al menos un imán permanente, estando tanto el rotor como el

estator del motor de par alineados axialmente entre sí y con el eje central de la máquina también, y para la alineación axial de la placa de trabajo y del rotor del motor de par hacia el eje central de la máquina, estas partes son fijadas en el sistema de montaje, que está creado por un pasador o espiga fijado en el soporte de máquina, sobre el que está montado un cojinete radial, sobre el que es ajustada la placa de trabajo, mientras para el montaje giratorio de la placa de trabajo, entre el soporte de máquina y la placa de trabajo, en su extremo proximal, está montado el cojinete radial y quitado el conducto del sistema de lubricante, y en el extremo distal de la placa de trabajo hay un montaje hidrostático conectado al sistema hidrostático.

Para simplificar la construcción del sistema de montaje utilizado en las máquinas herramientas, sobre todo en las fresadoras mandrinadoras, es ventajoso, cuando entre el soporte de máquina y la placa de trabajo, en su extremo proximal, está montado un cojinete radial y quitado el conducto del sistema de lubricante, y en el extremo distal está montado el cojinete axial conectado al conducto de sistema de lubricante.

El accionamiento para la máquina es modificado por construcción para utilizar como un generador para la producción de energía eléctrica. Un generador, cuya parte de construcción básica es el motor de par, tiene su parte estática o estable formada por un bastidor de la máquina eléctrica, en el que está montado el estator del motor de par provisto con al menos un arrollamiento, mientras que la parte giratoria esta creada por la brida de la máquina eléctrica, a la que está montado el árbol de accionamiento y el rotor del motor de par provisto de al menos una bobina de excitación del rotor, estando tanto el rotor como el estator del motor de par alineados axialmente hacia el eje central, y para asegurar el movimiento giratorio, tanto la parte estática como la giratoria están fijadas al sistema de montaje consistente en un anillo externo y un anillo interno del cojinete anular.

El accionamiento para máquinas modificado por construcción para utilizar en radares tiene en su parte estática o estable, formada por la base del radar, montados el estator del motor del par equipado por al menos un arrollamiento y en su parte giratoria, formada por la parte giratoria del radar, fijado el motor del motor del par equipado por al menos un imán permanente, estando tanto el rotor como el estator del motor de par alineados axialmente hacia el eje central del radar y para asegurar el movimiento giratorio, tanto la parte estable como la giratoria están fijadas al sistema de montaje que consiste del anillo exterior y del anillo interior del cojinete anular.

La principal ventaja de la nueva disposición de una mesa giratoria de una máquina herramienta grande, en particular una fresadora mandrinadora, es el hecho de que se han omitido engranajes y su construcción es muy simple. El accionamiento está formado sólo por dos partes, que son el soporte de máquina y la placa de trabajo. Es necesario hacer un motor de par suficientemente eficiente para esta construcción (con un par elevado) que formará una parte del accionamiento de la máquina. El motor de par tiene que tener una fuerza suficiente, para ser capaz de mover o posicionar las piezas mecanizadas con una masa del orden de toneladas métricas y más. Por esta razón, es necesario utilizar un motor con un par nominal de 10.000 Nm y más. Parece que el motor de par tiene la mayor ventaja por esa razón, al tiempo que está caracterizado por un gran diámetro y una pequeña longitud. Una consecuencia, es que el vector de fuerza es grande (es decir dispone de un par grande, pero tiene efecto en una longitud menor). Si se compara el diámetro del motor y su altura (es decir la altura de la placa del saliente del estator y la altura del rotor), y se impone el índice D para el diámetro del motor y el índice h para la altura del saliente de la placa del estator, entonces la relación D:h es mayor de uno para los motores de par. Para motores clásicos en la ejecución de jaula, la relación D:h es menor de uno. Los motores de par que pueden ser utilizados para máquinas de trabajo, tienen la relación D:h mayor de 2. Para tal relación, el motor de par utilizado en máquinas de trabajo ha de tener los siguientes parámetros. Su par es mayor de 10.000 Nm y la velocidad máxima del motor es  $n = 3000$  rpm.

El motor de par está formado por dos piezas concéntricas con mayor diámetro y menor altura, es por lo que no es muy apropiado para ser montado en una jaula. Pero gracias a su forma, es ideal para un montaje directo, por ejemplo en una máquina herramienta o para el accionamiento de un pivote de grúa y otros dispositivos industriales similares que tienen una placa de pivotamiento o giratoria central, y esto de tal modo que deberían formar su parte integral. Este motor es también ideal para producir grandes pares, no siendo adecuado un motor clásico, porque para tal par (fuerza) sería demasiado grande o requeriría una caja de engranajes. El motor de par forma dos anillos centralizados, que son el estator con un arrollamiento y el rotor equipado por imanes permanentes. Estos anillos son los que forman una parte integrada de la máquina herramienta.

#### Breve Descripción de las Figuras en los Dibujos

Un ejemplo de la ejecución del invento está demostrado en los dibujos, en los que en la fig. 1 es una vista esquemática en la disposición constructiva básica del accionamiento de la máquina de trabajo, la fig. 2 ilustra las partes de construcción de accionamiento para máquinas herramientas - fresadora mandrinadora en sección longitudinal, la fig. 2a representa las partes de construcción de accionamiento para máquinas herramientas con un sistema de montaje simplificado, la fig. 2b representa una vista detallada del sistema hidrostático, la fig. 3 representa una vista en la máquina en la ejecución como un generador de par, y la fig. 4 representa una vista en el accionamiento de equipos giratorios de grandes radares.

#### Descripción de la Realización Ejemplar

El principio de la máquina de trabajo, especialmente para máquinas herramientas en el significado de este invento,

será clarificado adicionalmente pero no limitado por los siguientes ejemplos.

La disposición básica del accionamiento 1 de la máquina de trabajo de acuerdo con este invento está mostrada en la fig. 1. Las partes de accionamiento 1 en esta ejecución están ordenadas simétricamente alrededor del eje 13 de la máquina. Las partes individuales del accionamiento 1 de la máquina están formadas por el motor de par 3, que es su parte integral, y el sistema de montaje 27. Se trata acerca del motor síncrono alterno excitado permanentemente de más polos enfriado por líquido. Éste está formado por el estator 9 del motor de par 3, que es una parte integral de la parte estable 24 del accionamiento 1, y por el rotor 10 del motor del par 3, que es una parte integral de la parte giratoria 25, estando tanto el rotor 10 como el estator 9 del motor de par 3 alineados axialmente entre sí, como también con el eje 13 de la máquina. En el sistema de montaje 27, que podría ser por ejemplo un cojinete anular formado por un anillo externo 19 y un anillo interno 20, está montada la parte estática y también la parte giratoria, 24 y 25, del accionamiento 1 de la máquina. Aquí, la parte estática 24 está fijada al anillo externo 19 del cojinete anular, mientras la parte giratoria 25 del accionamiento 1 está fijada en el anillo interno 20 del cojinete anular.

La función del accionamiento 1 para máquinas es la siguiente. Al conectar las alimentaciones eléctricas 17 (no mostradas en la fig. 1) a tensión, la corriente de excitación comienza a fluir en el arrollamiento 15 de las bobinas 9 del estator de tal modo que crea el campo magnético giratorio. Este campo lleva a movimiento el rotor 10 excitado por los imanes permanentes 16, por lo que al mismo tiempo también la parte giratoria 25 fijada en el sistema de montaje 27 es llevada a moverse.

El accionamiento 1 diseñado para una máquina herramienta grande, donde es necesario accionar mesas giratorias u otro equipo de posicionamiento esta mostrado en la fig. 2. Por ejemplo, el accionamiento 1 para una fresadora mandrinadora incluye el motor de par 3, el sistema de montaje 27, la parte giratoria 25 del accionamiento 1 de la máquina formada por la placa de trabajo 5 de la máquina herramienta, y la parte estática 24 del accionamiento 1 de la máquina formada por el soporte de máquina 2. El motor de par 3, que es una parte integral de la máquina herramienta, está formado por dos anillos concéntricos, siendo uno de ellos el estator 9 provisto con el arrollamiento 15 y montado en el soporte 2 de la máquina, que es - en este caso - el bastidor de soporte de la máquina y siendo el otro el rotor 10 con imanes permanentes 16, que está fijado a la placa de trabajo giratoria 5. Aquí, el estator 9 está montado externamente al rotor 10 y ambas partes están alineadas axialmente entre sí, como también con el pasador central 4, que está fijado en el soporte de máquina 2, y para la alineación coaxial de la placa de trabajo 2 y del rotor 10 del motor de par 3 hacia el eje central 13 de la máquina están estas partes fijadas en el sistema de montaje 27, que - en este caso - está formado por un pasador 4, en el que está montado el cojinete radial 6, en el que está montada la placa de trabajo 5, mientras para el montaje giratorio de la placa de trabajo 5, entre el soporte 2 de máquina y la placa de trabajo 5, en su extremo proximal, está montado el cojinete radial 6 y quitado el conducto 11 del sistema de lubricación y en el extremo distal, está montado el sistema hidrostático 28. Como se ha visto a partir de la fig. 2b, el sistema hidrostático 28 está formado por la cara superior 32 y la cara inferior 31, que está equipada por cavidades 34 para contener el aceite hidráulico. A estas cavidades 34 está conectado el conducto hidrostático 8 del aceite hidráulico, por lo que el último es llevado desde el conjunto o agregado hidráulico 33 al sistema hidrostático 28.

El accionamiento para máquina herramienta - fresadora mandrinadora es el siguiente. El motor de par 3 está trabajando en este caso idénticamente a como se ha descrito anteriormente. La parte giratoria 25 formada por la placa de trabajo 5 sirve para fijar componentes mecanizados. La parte estática 24 está formada por el soporte de máquina 2 de la máquina herramienta, que es el bastidor de soporte. Está el estator 9 con el arrollamiento 15 montado sobre el bastidor. El campo magnético giratorio generado por la corriente de excitación acciona el rotor 10 fijado en la parte giratoria 25. La parte giratoria 25 montada en el cojinete radial 6 gira alrededor del pasador 4, sobre el que está fijado el cojinete. Su posición horizontal por la rotación está asegurada por el cojinete axial 7 en un extremo, y en el otro extremo está asegurado por el sistema hidrostático 28. Este sistema de montaje de placa de trabajo está formado por dos caras de acoplamiento, la cara inferior 31 que tiene cavidades en sí misma, que están conectadas al sistema de presión, desde las que el aceite es forzado a presión a estas cavidades. La otra, la cara superior 32 es plana. Está pulida y dura, debido a la decadencia de las fuerzas de fricción y de la vida. Esa cara superior 32 está encerrando el aceite en las cavidades, y el aceite está, bajo presión, sosteniendo la placa de trabajo 5 en la película de aceite. La presión de aceite generada por el conjunto o agregado hidráulico 33 (no mostrado en la figura) y el aceite es llevado a las cavidades 34 a través de los tubos 35.

Otra variante de montaje de la placa de trabajo 5 está mostrada en la fig. 2a. De esta figura es visible, que para el montaje giratorio de la placa de trabajo 5, entre el soporte de máquina 2 y la placa de trabajo 5, en su extremo proximal, está montado el cojinete radial 6 y quitado el conducto 11 del sistema de lubricación y en el extremo distal está montado el cojinete axial 7 conectado al conducto 11 del sistema de lubricación.

Otra variante de la ejecución del accionamiento 1 es su modificación constructiva adecuada para utilizar como un generador de par. El accionamiento 1 de la máquina de esta construcción esta mostrado en la fig. 3. El accionamiento 1 para máquinas tienen la parte estática 24 formada por el bastidor 21 de la máquina eléctrica, en la que está montado el estator 9 del motor de par 3 equipado por al menos un arrollamiento 15, mientras que la parte giratoria 25 está formada por la brida 22 de la máquina eléctrica, a la que está montado el árbol de accionamiento 23 y el rotor 10 del motor del par 3 equipado por al menos un arrollamiento 18 de excitación del rotor 10, estando tanto el rotor 10 como el estator 9 del motor de par 3 alineados axialmente contra el eje central 13, y para asegurar el

movimiento giratorio, la parte estática y la parte giratoria 24 y 25 están fijadas al sistema de montaje 27, que está formado por el anillo externo 19 y el anillo interno 20 del cojinete anular.

5 El accionamiento para un generador es el siguiente. El motor de par 3 está trabajando en este caso de manera idéntica a como se ha descrito anteriormente. La parte giratoria 25 formada por la brida 22 sirve para el montaje del árbol 23. La parte estática 24 está formada por el bastidor 21 de la máquina eléctrica, sobre la que está montado el estator 9 con el arrollamiento 15. El campo magnético giratorio formado por la corriente de excitación pone en movimiento el rotor 10 montado en la parte giratoria 25. Tanto la parte giratoria 25 como la parte estática están montadas en el sistema de montaje 27. En este caso concierne al cojinete anular formado por el anillo externo 19 y el anillo interno 20. La parte estática 24 está montada sobre el anillo externo 19 del cojinete anular y asegura una conexión firme entre el estator 9 y el bastidor 21 de la máquina eléctrica, mientras la parte giratoria 25 del accionamiento 1 de la máquina está montada en el anillo interno 20 del cojinete anular y asegura el movimiento giratorio de la parte giratoria 25, y además también la alineación axial del rotor 10 y del estator 9 contra el eje 13 del generador de par.

15 Otra variante del uso del accionamiento 1 de acuerdo con el invento es su utilización para equipo giratorio de grandes radares, donde en tal ejecución es necesaria que la parte central tenga un paso libre para otras partes del equipo. Esto es posible debido a que el gran diámetro del motor de par 3 y especialmente a su construcción característica en forma de dos anillos concéntricos, que están formando el conjunto básico del motor de par 3. El accionamiento 1 del motor en ejecución para equipos giratorios de grandes radares está representado en la fig. 4. El accionamiento 1 tiene en su parte estática 24 montado el estator 9 del motor de par 3 equipado por al menos un arrollamiento 15 y en la parte giratoria montado el rotor 10 del motor de par 3 equipado por al menos un imán permanente 16, estando tanto el rotor 10 como el estator 9 del motor de par 3 axialmente alineados hacia el eje central 13 del radar. Para asegurar el movimiento giratorio, tanto la parte estática 24 como la parte giratoria 25 están fijadas al sistema de montaje 27 consistente en el anillo externo 19 y el anillo interno 20 del cojinete anular.

25 La función de accionamiento para el radar es la siguiente. El motor de par 3 está trabajando en este caso de manera idéntica a como se ha descrito anteriormente. La parte giratoria 25 formada por un brazo sirve para montar las partes 30 giratorias de radar. La parte estática 24 está formada por la base 29 del radar y está diseñada para montar el estator 9 con el arrollamiento 15. El campo magnético giratorio creado por la corriente de excitación acciona el rotor 10 montado en la parte giratoria 25. Tanto la parte giratoria 25 como la parte estática 24 están dispuestas en el sistema de montaje 27. En este caso concierne al cojinete angular formado por el anillo externo 19 y el anillo interno 20. La parte estática 24 está montada en el anillo externo 19 del cojinete anular y asegura una firme conexión entre el estator 9 y el soporte 29 del radar, mientras la parte giratoria 25 del accionamiento 1 de la máquina está montada en el anillo interno 20 del cojinete anular y asegura el movimiento giratorio de la parte giratoria 25, y además también la alineación axial del rotor 10 y del estator 9 hacia el eje 13 del radar.

#### Aplicabilidad industrial

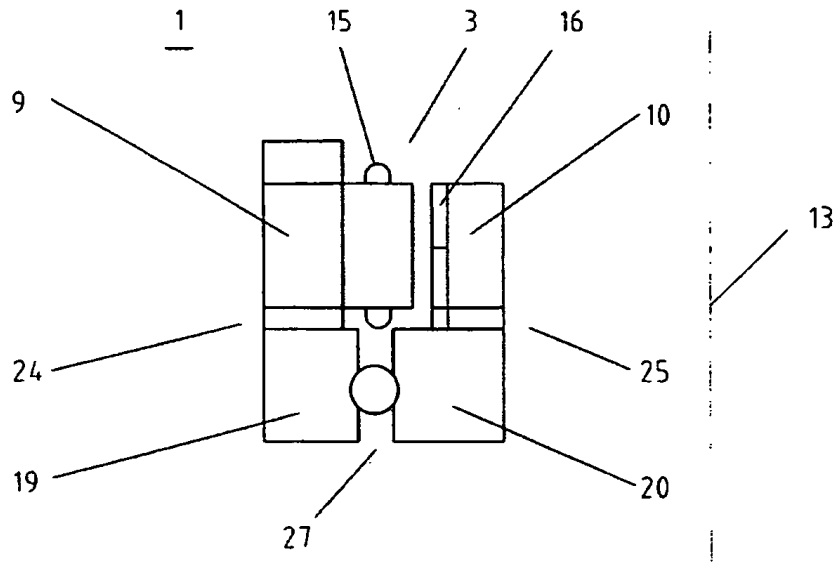
35 La disposición de una mesa giratoria de grandes máquinas herramientas es adecuada para generar una fuerza grande, cuando no es necesaria una elevada velocidad. Las aplicaciones ideales, como por ejemplo la fresadora mandrinadora, la fresa revólver, el pivote de una grúa grande, localizador de radio, central eólica, central hidráulica, provienen de estos requisitos, este accionamiento es posible para utilizar para la función de generador, donde forma directamente una parte de la maquinaria giratoria (turbinas, propulsores), y no se necesitan engranajes.

40

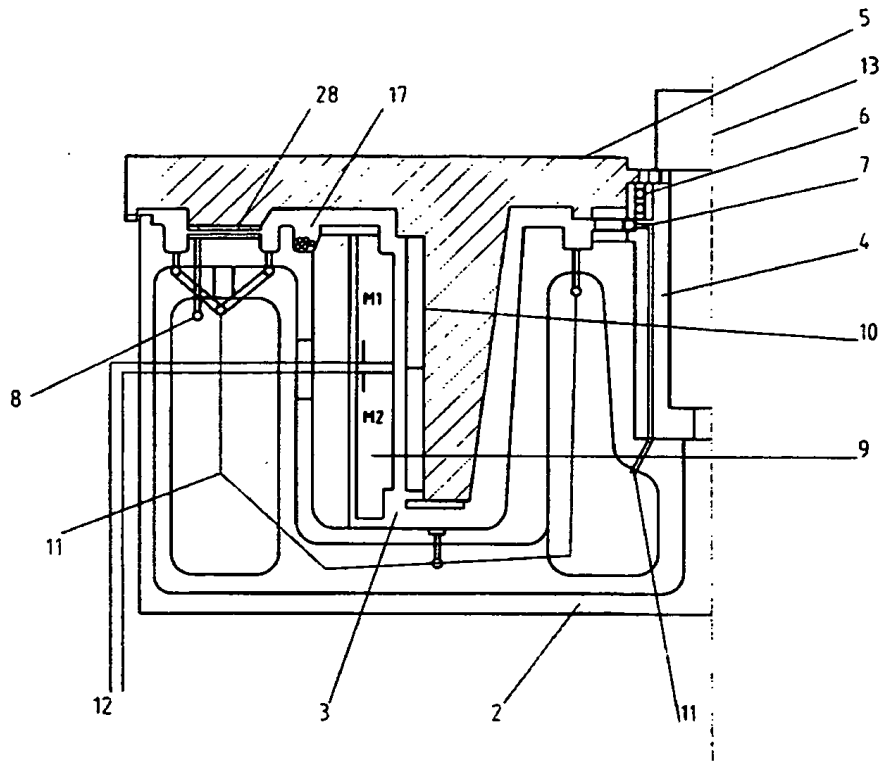
**REIVINDICACIONES**

1.- Una disposición de una mesa giratoria de grandes máquinas herramientas, en particular fresadora mandrinadora, formada por un motor de par (3) y por un sistema de montaje (27), sobre el que están dispuestas tanto una parte giratoria (25) como una parte estática (24), donde el estator (9) del motor de par (3), provisto con al menos un arrollamiento, es una parte integral de la parte estática (24) de la máquina formada por el soporte (2) de máquina y el rotor (10) del motor del par, provisto con al menos un imán permanente, es una parte integral de la parte giratoria (25) de la máquina formada por una placa de trabajo de máquina donde tanto el rotor (10) como el estator (9) del motor de par (3) están alineados opcionalmente entre sí y con el eje (13) de la máquina y están fijados al sistema de montaje (27), que forma un pasador o espiga (4) fijado en el soporte (2) de máquina, en el que un cojinete radial (6) está montado, en el que la placa de trabajo (5) está asentada, mientras para el montaje giratorio de la placa de trabajo (5), entre el soporte (2) de la máquina y la placa de trabajo (5), en su extremo proximal, está montado el cojinete radial (6) y es quitado el conducto (11) del sistema de lubricación, mientras la relación del diámetro (D) del rotor (10) a la altura (h) del estator (9) del motor de par (3) es mayor de 2, caracterizado por el hecho de que el par motor es mayor de 10.000 Nm y el motor tiene un número de polos mayor de 100 y en el extremo distal está montado un cojinete axial (7) conectado al conducto (11) del sistema de lubricación o un sistema hidrostático (28) para asegurar la posición horizontal de la parte giratoria (25).

2.- Una disposición de una mesa giratoria de grandes máquinas herramientas, en particular fresadoras mandrinadoras, según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que el sistema hidrostático (28) está formado por una cara superior (32) y una cara inferior (31), que está equipada por cavidades (34) para contener el aceite hidráulico, mientras a estas cavidades (34) está conectado el conducto hidrostático (8) del aceite hidráulico, por lo que el último es llevado desde el conjunto o agregado (33) hidráulico al sistema hidrostático (28).



**Fig. 1**



**Fig. 2**



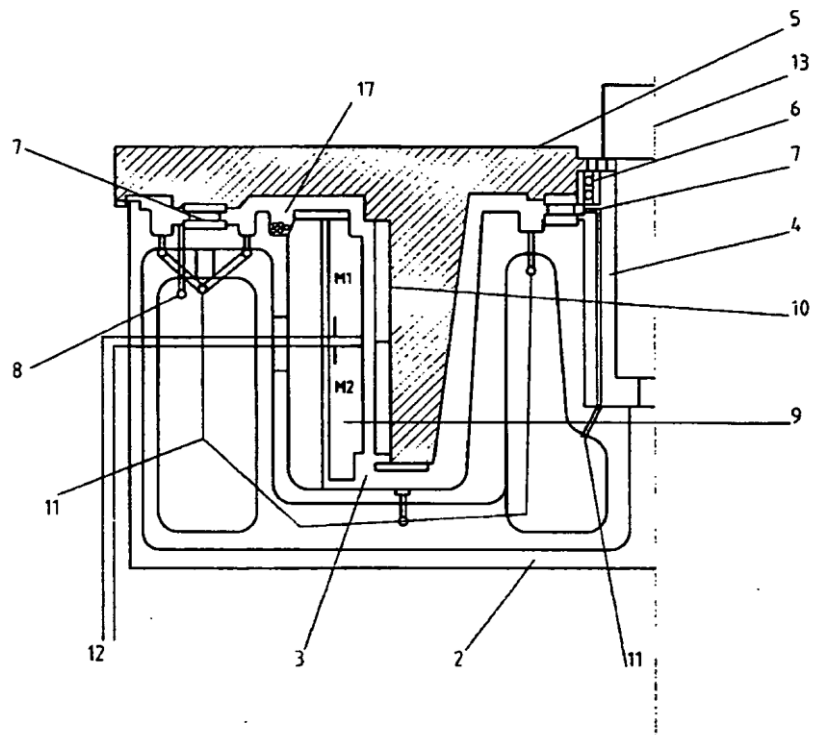


Fig. 2a

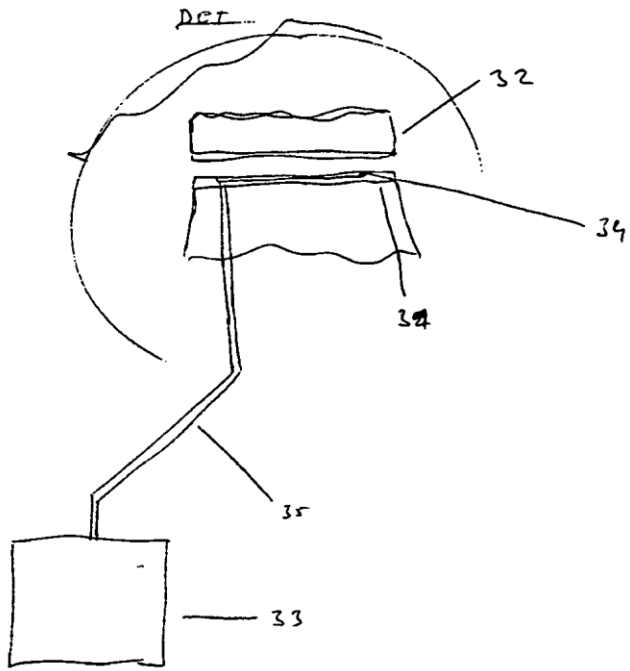
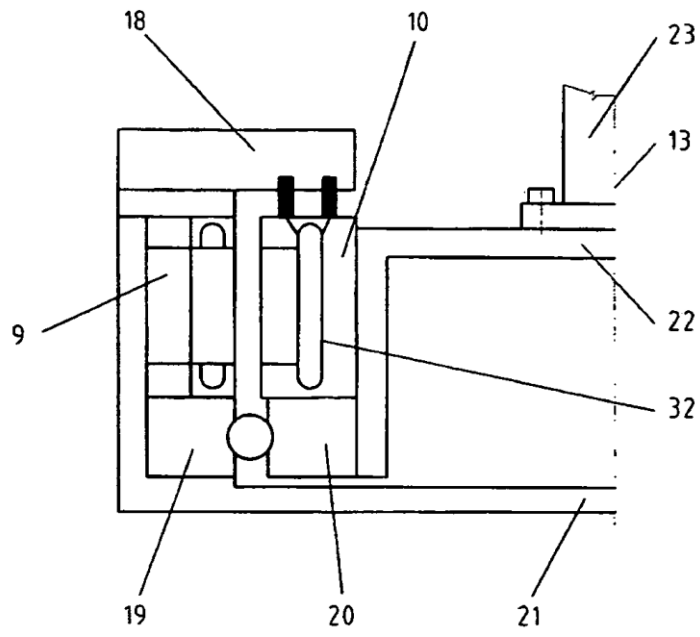
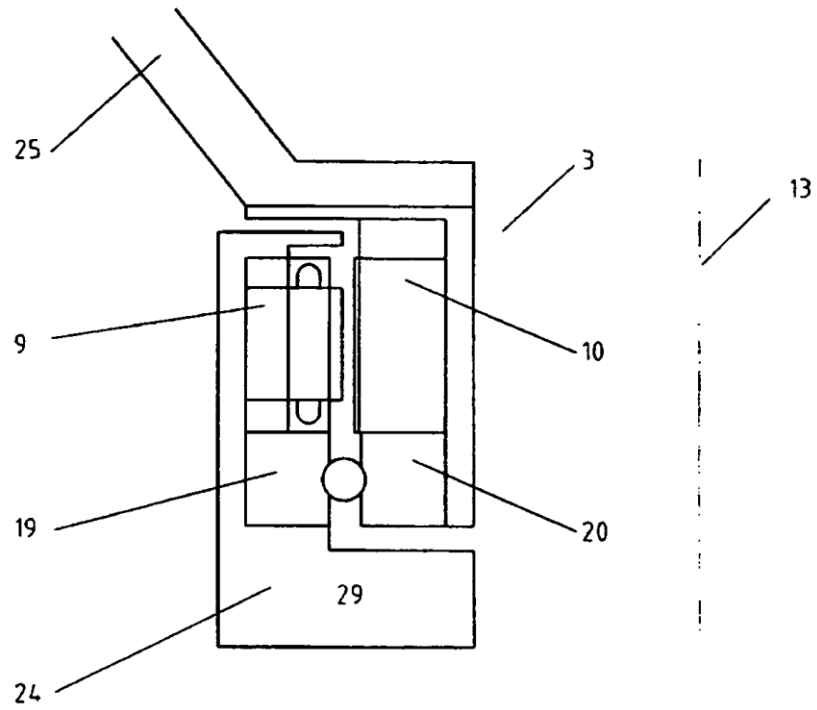


Fig.2b



**Fig. 3**



**Fig. 4**