

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 013**

51 Int. Cl.:

**B23B 5/18** (2006.01)

**B23B 5/36** (2006.01)

**B23Q 27/00** (2006.01)

**B23P 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2010 E 10744521 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2015 EP 2470319**

54 Título: **Procedimiento de torneado con arranque de virutas y dispositivo de torneado**

30 Prioridad:

**29.08.2009 DE 102009039346**

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

**10.02.2016**

73 Titular/es:

**J.G. WEISSER SÖHNE GMBH & CO. KG (100.0%)  
Bundesstrasse 1  
78112 St. Georgen, DE**

72 Inventor/es:

**RETTICH, THORSTEN y  
JÖRG, REINER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 559 013 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 de torneado con arranque de virutas y dispositivo de torneado.

5 La invención concierne a un procedimiento de torneado con arranque de virutas de una pieza de trabajo alargada que presenta un eje longitudinal, cuya pieza de trabajo se sujeta en un dispositivo de sujeción y es hecha girar alrededor de un eje de giro con una velocidad de mecanización, aproximándose una herramienta de torneado encargada de realizar el torneado en sentido transversal, especialmente radial, al eje de giro y/o en sentido tangencial y siendo la velocidad de corte del torneado el resultado de la rotación de la pieza de trabajo con relación a la herramienta de torneado.

10 La invención concierne también a un dispositivo de torneado con un dispositivo de sujeción accionado por un husillo giratorio y un portaherramienta con una herramienta de torneado que puede aproximarse en sentido transversal, especialmente radial, al eje de giro del husillo giratorio y/o en sentido tangencial.

Tales procedimientos y dispositivos de torneado de piezas de trabajo son conocidos en formas muy diferentes, girando la pieza de trabajo alrededor de un eje central, el eje de giro, y pudiendo aproximarse la herramienta en sentido radial o bien tangencial.

15 Sin embargo, para algunas piezas de trabajo este torneado es inadecuado, por ejemplo para álabes de turbina que se sujetan hasta ahora frecuentemente con relación a un eje que discurre aproximadamente a través de ellos en dirección longitudinal y que se mueven también con relación a este eje, pero en los que ataca una herramienta de fresado.

20 Este procedimiento de mecanización de álabes de turbina requiere un gran número de ejes de aproximación para la herramienta de fresado y de accionamientos de giro, así como accionamientos y controladores adaptados uno a otro. La velocidad de corte se obtiene en este caso a partir del número de revoluciones de la herramienta de 8.000-12.000 min<sup>-1</sup>, el cual es muy alto en comparación con el torneado.

25 Se conoce por el documento DE 195 11 420 A1 la fabricación de cigüeñales con muñones de cigüeñal dispuestos decalados uno respecto de otro. Estos muñones de cigüeñal se tornan sucesivamente, siendo el respectivo muñón de cigüeñal a mecanizar concéntrico al eje del cuerpo del mandril de sujeción y al eje del husillo.

Se conocen por el documento US 5 396 821 A, que puede considerarse como el estado de la técnica más próximo, un dispositivo y un procedimiento de mecanización con arranque de virutas de piezas de trabajo con contornos excéntricos circulares, en donde se sujeta concéntricamente la pieza de trabajo con su centro y en donde se realiza el procedimiento solamente cuando el centro de la pieza de trabajo está dentro del contorno circular.

30 Se conoce por el documento US 3 593 603 A un torno de fabricación de piezas de trabajo cuyo contorno se puede representar por una superposición de dos movimientos circulares. En este caso, se hace girar un dispositivo de sujeción de la pieza de trabajo durante la mecanización alrededor de un eje que es excéntrico al eje de giro del mandril de sujeción.

35 Se conoce por el documento DE 625 156 C un dispositivo de mecanización con arranque de virutas de piezas de trabajo con superficies periféricas situadas parcialmente centradas y parcialmente descentradas con respecto al eje principal de las piezas de trabajo, en el que la respectiva superficie periférica a mecanizar se orienta concéntricamente al eje de rotación de un plato de sujeción de la pieza de trabajo.

40 Se conoce por el documento US 5622092 A un dispositivo de rectificado de cigüeñales en el que se pueden disponer los alojamientos de las piezas de trabajo a cierta distancia del eje de giro para orientar un cigüeñal con miras a la mecanización de los distintos cojinetes de biela de modo que el respectivo cojinete de biela mecanizado esté dispuesto centradamente con respecto al eje de giro.

Por tanto, existe el problema de crear un procedimiento de la clase citada al principio en el que pueda fabricarse con menos accionamientos y ejes de regulación un perfil de sección transversal que diverja de una sección transversal circular.

45 Para resolver este problema se han previsto en un procedimiento de la clase citada al principio las características de la reivindicación 1. Por tanto, se propone en particular que la pieza de trabajo se sujete en el dispositivo de sujeción con su eje longitudinal paralelo al eje de giro, pero excéntricamente y a cierta distancia radial del eje de giro, y que se aproxime la herramienta de torneado radialmente desde fuera en sentido transversal al eje de giro, girando la pieza de trabajo sobre un cilindro imaginario alrededor del eje de giro, y que la velocidad circular corresponda a la velocidad de giro de la pieza de trabajo y la pieza de trabajo realice una revolución durante un movimiento circular  
50 alrededor del eje de giro central y siempre al mismo lado exterior de la pieza de trabajo mire radialmente hacia fuera durante la mecanización de arranque de virutas.

Por tanto, la pieza de trabajo puede girar sobre un cilindro imaginario alrededor del eje de giro, correspondiendo la

5 velocidad circular a la velocidad de giro de la pieza de trabajo, es decir que, al producirse un movimiento circular de la pieza de trabajo alrededor del eje de giro central o eje de giro, dicha pieza realiza ella misma también una revolución, con lo que siempre mira también radialmente hacia fuera el mismo lado exterior, que puede ser mecanizado ahora con arranque de virutas por la herramienta. Dado que el eje longitudinal de la respectiva zona a mecanizar de la pieza de trabajo no coincide con el eje de giro y así el procedimiento de mecanización, condicionado por una sujeción descentrada, conduce a un proceso de torneado interrumpido, no se mecaniza por torneado toda la periferia de la pieza de trabajo en el sitio de mecanización, sino solamente el lado exterior de la pieza de trabajo que gira sobre la trayectoria circular cilíndrica.

10 Por tanto, frente a los procedimientos conocidos, la invención puede arreglarse con menos ejes de aproximación. Es también ventajoso a este respecto que la velocidad relativa necesaria para la mecanización de arranque de virutas entre la herramienta y la pieza de trabajo no se obtenga como en los procedimientos conocidos a partir de la velocidad de la rotación propia de la pieza de trabajo alrededor de su eje longitudinal, sino que resulte también de la velocidad de rotación de la pieza de trabajo alrededor del eje de giro y de la distancia radial de la pieza de trabajo al eje de giro. Por tanto, se pueden producir también contornos que, en caso de una sujeción de la pieza de trabajo en un dispositivo de la clase conocida, tendrían la consecuencia de que, en presencia de un contorno diferente de la forma circular, la zona a mecanizar en la pieza de trabajo se adelantaría a la herramienta debido a la rotación propia de la pieza de trabajo alrededor del centro de giro, lo que conduciría a la destrucción de la pieza de trabajo y/o la herramienta. Por tanto, un número mucho mayor de contornos es accesible al torneado.

20 Una ejecución de la invención puede prever que durante una revolución de la pieza de trabajo siempre mire radialmente hacia fuera el mismo lado exterior o la misma zona de superficie. Se pueden fabricar así de manera sencilla piezas de trabajo que presenten en la zona de la superficie exterior una curvatura con un radio de curvatura relativamente grande y en las zonas de superficie adyacentes a esta superficie exterior una curvatura con radio de curvatura comparativamente pequeño, por ejemplo cantos redondeados o zonas de transición redondeadas. Gracias a la sujeción excéntrica a cierta distancia radial del eje de giro la herramienta puede introducirse radialmente de manera sencilla en la superficie exterior para la operación de mecanización y puede ser extraída de ésta, y se puede evitar que la velocidad de corte no alcance/rebase un valor crítico.

30 Se pueden producir contornos exteriores cóncavos y/o convexos de la superficie de la pieza de trabajo diferentes de un sector de envolvente cilíndrica cuando la herramienta de torneado se traslada durante una revolución de la pieza de trabajo hasta distancias radiales diferentes respecto del eje de giro. En particular, se varía así la posición radial de la herramienta de torneado con respecto al eje de giro durante un desprendimiento de virutas de tal manera que resulte en la pieza de trabajo un contorno de la superficie que se desvía de la configuración de un sector de envolvente cilíndrica, es decir que no describe un sector de envolvente cilíndrica.

35 A este fin, puede estar previsto que el movimiento de aproximación de la herramienta de torneado se realice en sincronismo con la rotación de la pieza de trabajo. Es ventajoso a este respecto que la medida de producción deseada pueda generarse por varios procesos de mecanización que se sigan uno a otro durante las revoluciones del dispositivo de sujeción. Esto es igual a un corte interrumpido, ya que la mecanización del sector de envolvente cilíndrica en una pieza de trabajo o en dos piezas de trabajo tiene lugar solamente en una zona determinada durante una revolución.

40 Para la fabricación de piezas de trabajo que presentan una dirección longitudinal puede estar previsto que la herramienta de torneado y la pieza de trabajo se trasladen adicionalmente una con relación a otra paralelamente al eje de giro durante el torneado. En este caso, la herramienta de torneado o la pieza de trabajo con el dispositivo de sujeción pueden permanecer fijas en el espacio, o bien tanto la herramienta de torneado como la pieza de trabajo con el dispositivo de sujeción pueden trasladarse al mismo tiempo una con respecto a otra.

45 Para producir perfiles o contornos más complejos que se describen, por ejemplo, por al menos dos superficies que coinciden una con otra en un canto o redondeamiento, puede estar previsto que la pieza de trabajo, después del torneado de las zonas de superficie que miran radialmente hacia fuera, sea variada en su posición en el dispositivo de sujeción de tal manera que las zonas de superficie que hasta ahora miraban radialmente hacia dentro miren hacia fuera, y que se torneen las zonas de superficie que miran ahora hacia fuera. Esta variación de posición puede efectuarse, por ejemplo, por desplazamiento y/o giro y/o cambio de sujeción. En particular, se pueden producir así perfiles de planos de sustentación o álabes de turbina mecanizando primero una superficie lateral, es decir, el lado delantero o el lado superior, y en una operación siguiente la otra superficie lateral, es decir, el lado trasero o inferior. Se puede fabricar así una pieza de trabajo con una superficie lateral de perfil cóncavo y una superficie lateral de perfil convexo en una posición de sujeción.

55 Como alternativa o adicionalmente, puede estar previsto que, para realizar una variación de posición, se traslade la pieza de trabajo en el dispositivo de sujeción sobre un trayecto situado en un plano radial, preferiblemente sobre un trayecto que discurre a través del eje de giro y/o hasta el lado opuesto con respecto al eje de giro. Por tanto, se traslada la pieza de trabajo en el dispositivo de sujeción hasta una posición en la que la superficie orientada originalmente hacia dentro durante la primera pasada de mecanización y no accesible así a herramientas de torneado mire radialmente hacia fuera y, por tanto, sea accesible a herramientas de torneado que atacan

radialmente desde fuera y con ello sea llevada a su zona de trabajo.

5 Puede estar previsto también que, para realizar una variación de posición, se traslade la herramienta de trabajo entre una posición radialmente distanciada del eje de giro y una posición centrada con respecto al eje de giro. En esta posición centrada, en la que el eje de giro discurre a través de la pieza de trabajo, se pueden realizar pasos de mecanización intermedia, por ejemplo para perfiles complejos.

Puede estar previsto también que, para realizar una variación de posición, se gire la pieza de trabajo en el dispositivo de sujeción alrededor del eje longitudinal en la medida de un ángulo de giro, especialmente de 180°.

10 Se pueden conseguir tiempos de producción especialmente cortos cuando en el dispositivo de sujeción rotativo se sujetan al menos dos piezas de trabajo y cuando las al menos dos piezas de trabajo se tornean en una operación común.

Para la producción de las zonas de pie o de fijación de álabes de turbina y/o de engrosamientos de sección transversal a lo largo del eje longitudinal puede estar previsto que la herramienta de torneado con su dirección de aproximación sea basculada durante el torneado en un plano radial y/o en un plano que incluye el eje de giro.

15 Para una mecanización simultánea de varias piezas de trabajo puede estar previsto que se empleen al menos dos herramientas de torneado que ataquen en la pieza de trabajo durante una operación de torneado.

Las ventajas de la invención se ponen de manifiesto especialmente cuando se fabrica al menos una pieza de trabajo no redonda, especialmente una pieza de trabajo que presenta una sección transversal plana transversalmente a su eje longitudinal. Ejemplos de esto son álabes de turbina o perfiles de planos de sustentación.

20 Para la producción se puede tornearse transversalmente a su eje longitudinal una pieza bruta con forma libre, en particular con sección transversal de partida rectangular, redonda o elíptica.

25 Para conseguir una aproximación a la forma final de manera barata y con poco consumo de tiempo puede estar previsto que se realicen para el torneado primeramente un desbaste y seguidamente un acabado. En este caso, el término desbaste designa típicamente un proceso de producción con gran desprendimiento de virutas, mientras que por acabado se entiende la mecanización fina con un pequeño desprendimiento de virutas. El desbaste y el acabado pueden realizarse en una sola operación de sujeción o en máquinas separadas.

Puede ser necesario para esto que se realice durante el desbaste un cambio de la dirección de giro del dispositivo de sujeción.

30 Puede estar previsto que durante el desbaste permanezca inalterada durante una revolución la distancia radial de la herramienta al eje de giro del dispositivo de sujeción. Se puede conseguir una aproximación aún mejor a una forma final no redonda en sección transversal cuando la herramienta para el proceso de desbaste se traslada también radialmente durante el desprendimiento de virutas. Por ejemplo, la distancia puede mantenerse aquí como constante al principio y se puede efectuar una aproximación radial con una mecanización progresiva.

35 Puede estar así previsto que durante el desbaste se confiera a la pieza de trabajo una forma que esté cerca del contorno de acabado. En este caso, la aproximación puede elegirse en función de la curvatura de la pieza de trabajo en la forma final y/o del tamaño de la pieza de trabajo. Por ejemplo, la pieza bruta puede fabricarse por desbaste hasta una desviación de 1/2 mm o incluso 1/10 mm respecto de la forma final.

Debido al decalaje radial de la pieza de trabajo respecto del eje de giro se pueden alcanzar ya velocidades de corte suficientes cuando la rotación de la pieza de trabajo se realiza con al menos 5 rpm, preferiblemente al menos 10 rpm.

40 En una ejecución de la invención puede estar previsto que en una sola operación de sujeción se mecanicen zonas de superficie diferentes en una primera pieza de trabajo, por un lado, y en una segunda pieza de trabajo, por otro lado, en particular con contornos de curvatura diferente que discurren transversalmente al respectivo eje longitudinal. Pueden estar previstas así, por ejemplo, dos herramientas, de las que una esté preparada para la mecanización de un contorno cóncavo y la otra lo esté para la mecanización de un contorno convexo, o bien la herramienta puede guiarse durante una revolución del dispositivo de sujeción sin movimientos particularmente complicados en el aspecto mecánico y especialmente rápidos de modo que en una mitad de cada revolución se mecanice por la herramienta en una pieza de trabajo un contorno radialmente más exterior y en la otra mitad de la revolución se mecanice por dicha herramienta en la otra pieza de trabajo un contorno radialmente más interior.

50 Para resolver el problema se han previsto en el dispositivo de torneado de la clase citada al principio las características de la reivindicación 20. En particular, se propone así que el dispositivo de sujeción presente un alojamiento de pieza de trabajo dispuesto excéntricamente a cierta distancia radial del eje de giro del husillo giratorio, y que esté previsto un equipo de sincronización que sincronice el movimiento de aproximación del portaherramienta con la rotación del husillo giratorio. Es ventajoso a este respecto que puedan fabricarse piezas de

5 trabajo de secciones transversales no redondas, es decir, perfiles o contornos a lo largo de su eje longitudinal orientado paralelamente al eje de giro en la posición de sujeción, en cuyo caso, en contraste con los dispositivos y procedimientos conocidos, la velocidad de corte mínima necesaria para mecanizaciones de arranque de virutas no representa ninguna o sustancialmente ninguna limitación en los radios de curvatura obtenibles del perfil o del contorno. Por el contrario, se obtiene siempre con la invención una velocidad de corte superior a cero.

Para un guiado exacto de la pieza de trabajo durante la mecanización de arranque de virutas y para evitar oscilaciones de la pieza de trabajo originados por fuerza centrífuga o desequilibrios puede estar previsto que el dispositivo de sujeción presente una pinola de contrapunto rotativa alrededor del eje de giro del husillo giratorio y dotada de un contralojamiento para el extremo de la pieza de trabajo que queda alejado del husillo giratorio.

10 Además o alternativamente, puede estar previsto que el dispositivo de sujeción presente un compensador de desequilibrio para la pieza de trabajo sujeta.

15 Una forma de realización preferida puede prever que el compensador de desequilibrio y el alojamiento de la pieza de trabajo estén dispuestos de manera que puedan trasladarse en sincronismo. Preferiblemente, el compensador de desequilibrio y el alojamiento de la pieza de trabajo pueden trasladarse en sentido radial. A este fin, en el dispositivo de sujeción y/o en el dispositivo de torneado están formados unos medios de sincronización mecánicos y/o electrónicos. Es ventajoso a este respecto que el compensador de desequilibrio no tenga que ajustarse de nuevo cuando se varíe la posición de la pieza de trabajo en el dispositivo de sujeción para la mecanización de más superficies.

20 Es especialmente favorable que el compensador de desequilibrio esté formado por otra pieza de trabajo sujeta. Puede estar previsto que las piezas de trabajo estén dispuestas de manera que puedan variarse sincrónicamente en su posición.

Puede estar previsto para esto que el dispositivo de sujeción presente una disposición de al menos dos alojamientos de pieza de trabajo que tenga simetría de revolución con respecto al eje de giro del husillo giratorio.

25 Se puede realizar una variación de posición de las piezas de trabajo con respecto al dispositivo de sujeción, sin soltar éste y sin retirar la pieza de trabajo, cuando el alojamiento de pieza de trabajo y/o el contralojamiento están dispuestos de manera trasladable y giratoria alrededor de un eje orientado paralelamente al eje de giro del husillo giratorio. Como alternativa o adicionalmente, puede estar previsto que el alojamiento de pieza de trabajo y/o el contralojamiento estén dispuestos de manera trasladable en sentido transversal al eje de giro. Pueden estar formados para ello, por ejemplo, unos medios de guía para un camino de traslación que corta el eje de giro, y/o para un camino de traslación que conduce al lado opuesto con respecto al eje de giro o a un plano axial.

30 Para mejorar aún más la exactitud de posición de la pieza de trabajo dispuesta en el dispositivo de sujeción puede estar previsto que la pinola del contrapunto sea accionable por un accionamiento de giro.

35 Es especialmente favorable a este respecto que esté previsto otro equipo de sincronización con el que se pueda sincronizar la rotación del husillo giratorio con la rotación de la pinola del contrapunto. Por ejemplo, el equipo de sincronización puede presentar medios de sincronización electrónicos o mecánicos.

Para un procedimiento de producción de múltiples pasos puede estar prevista adicionalmente una unidad de mecanización para realizar una mecanización de desbaste.

40 Se pueden producir perfiles complejos, por ejemplo con engrosamiento de la sección transversal a lo largo del eje longitudinal de la pieza de trabajo, cuando el portaherramienta está dispuesto de manera basculable alrededor de un eje orientado oblicuamente con respecto al eje de giro del husillo giratorio, particularmente alrededor de un eje situado en un plano radial. En este caso, dos ejes matemáticos son oblicuos uno respecto de otro cuando no discurren paralelos uno a otro ni se cortan.

45 Para fabricar piezas de trabajo alargadas puede estar previsto que el portaherramienta y el alojamiento de herramienta estén dispuestos de manera que sean adicionalmente trasladables uno respecto de otro en dirección paralela al eje de giro del husillo giratorio. En este caso, el portaherramienta o el alojamiento de herramienta pueden estar dispuestos fijos en el espacio o bien pueden estar ambos preparados para trasladarse simultáneamente en sentidos contrarios.

50 Se describe ahora la invención con más detalle ayudándose de un ejemplo de realización, pero ésta no queda limitada a este ejemplo de realización. Otros ejemplos de realización se obtienen por combinación de algunas y/o varias características de las reivindicaciones unas con otras y con algunas y/o varias características de los ejemplos de realización.

Muestran en representación parcialmente esquemática:

- La figura 1, una vista general de un dispositivo de torneado según la invención tomada oblicuamente desde arriba,
- La figura 2, un dispositivo de torneado según la figura 1 tomada desde delante,
- La figura 3, el cabezal, el contrapunto y la herramienta del dispositivo de torneado según la figura 1 en una vista en perspectiva desde arriba, con piezas de trabajo sujetas,
- 5 La figura 4, el cabezal, el contrapunto y la herramienta según la figura 3 en una vista en perspectiva desde abajo,
- La figura 5, el alojamiento de herramienta y el contralojamiento de la figura 4 con pieza de trabajo sujeta y herramienta de torneado, en representación tomada oblicuamente desde abajo,
- La figura 6, diferentes posiciones de trabajo de la pieza de trabajo sujeta,
- La figura 7, una vista desde delante del cabezal, el contrapunto y el portaherramienta según la figura 3,
- 10 La figura 8, una vista en sección de la figura 7 a lo largo de B-B,
- La figura 9, una vista de detalle de la figura 8,
- La figura 10, la compensación de desequilibrio al variar la posición de la pieza de trabajo sujeta,
- La figura 11, la traslación relativa de la pieza de trabajo y la herramienta una con respecto a otra a lo largo del eje de giro,
- 15 La figura 12, la basculación relativa de la pieza de trabajo y la herramienta una con respecto a otra alrededor de un eje perpendicular al eje de giro,
- La figura 13, la basculación relativa de la pieza de trabajo y la herramienta una con respecto a otra alrededor de un eje paralelo al eje de giro,
- La figura 14, una pieza bruta con sección transversal circular,
- 20 La figura 15, una pieza bruta con sección transversal rectangular,
- La figura 16, un álabe de turbina con engrosamiento de la sección transversal,
- La figura 17, otro álabe de turbina,
- Las figuras 18 a 20, herramientas para uso en el dispositivo de torneado según la figura 1,
- La figura 21, la mecanización según la invención de un engrosamiento de la sección transversal en un vista tomada desde delante y
- 25 La figura 22, la mecanización de la invención según la figura 21 en una vista en perspectiva tomada desde abajo.
- La figura 1 muestra un dispositivo de torneado designado en conjunto con 1 en una vista tomada oblicuamente desde arriba. La figura 2 muestra el dispositivo de torneado 1 en una vista tomada desde delante.
- 30 El dispositivo de torneado 1 tiene una bancada de máquina 2 sobre la cual están dispuestas dos guías lineales horizontales 3 que discurren paralelamente. Sobre las guías lineales 3 puede trasladarse horizontalmente un carro 4 en la dirección Z, es decir, en la figura 2 en el plano del dibujo. No se representan más específicamente los medios de accionamiento necesarios para ello.
- 35 Sobre el carro 4 están dispuestas otras dos guías lineales 5 que discurren también paralelas y que están horizontalmente orientadas. En la figura 1 se puede apreciar solamente una de las guías lineales 5. Las guías lineales 5 definen un camino de traslación que está orientado perpendicularmente al camino de traslación definido por las guías lineales 3.
- Sobre las guías lineales 5 está dispuesto en forma desplazable otro carro 6 que puede ser trasladado así en la dirección Y a lo largo de las guías lineales 5 con unos medios de accionamiento no representados adicionalmente.
- 40 En el lado delantero 7 del carro 6 está dispuesto otro par de guías lineales 8 que discurren en sentido paralelo y vertical.
- En estas guías lineales 8 va guiado un carro vertical 9 que se puede trasladar así en la dirección X, es decir, verticalmente, no estando tampoco adicionalmente representados los medios de accionamiento necesarios. Las guías lineales 3, 5 y/u 8 pueden comprender carriles.

En el carro vertical 9 está suspendido un travesaño o un carro sobrepuesto 10 de manera basculable alrededor de un eje de basculación vertical.

5 En el carro sobrepuesto 10 está formado un cabezal 11 con el mandril de sujeción 12 de un husillo giratorio no representado adicionalmente y un contrapunto 13 con una pinola de contrapunto 14. Está previsto un accionamiento no visible adicionalmente con el cual se puede hacer girar el husillo giratorio con el mandril de sujeción 12 alrededor de un eje de giro.

10 Entre el mandril de sujeción 12 y la pinola 14 del contrapunto está formado así un dispositivo de sujeción 15 que forma un sitio de sujeción para una pieza de trabajo 16. La pieza de trabajo sujeta 16 puede ser hecha girar entonces por el accionamiento del mandril de sujeción 12 alrededor del eje de giro o de rotación del husillo para realizar una operación de torneado.

En la bancada 2 de la máquina está dispuesto fijamente un equipo 17 de aproximación de herramienta que proporciona una herramienta 18 que ataca en la pieza de trabajo 16 durante la operación de torneado.

15 Por tanto, en el dispositivo de torneado 1 el equipo 17 de aproximación de la herramienta está dispuesto fijamente en el espacio, mientras que el dispositivo de sujeción 15 con el carro sobrepuesto 10 es trasladable a voluntad en las direcciones X, Y y Z y está dispuesto de manera basculable alrededor del eje de basculación mencionado de la suspensión del carro sobrepuesto 10.

En otros ejemplos de realización el carro sobrepuesto 10 no está suspendido, sino colocado encima, y/o está previsto que el equipo 17 de aproximación de la herramienta sea trasladable en una dirección del espacio o en varias direcciones del espacio y/o el carro sobrepuesto 10 esté dispuesto fijamente en el espacio.

20 La figura 3 muestra el carro sobrepuesto 10 con el dispositivo de sujeción 15 en una vista tomada oblicuamente desde arriba y la figura 4 muestra lo mismo en una vista tomada oblicuamente desde abajo.

25 En su lado superior 19 el carro sobrepuesto 10 presenta un apéndice 20 en el que la suspensión del carro sobrepuesto 10 ataca en el carro vertical 9 y a través del cual se define el eje de basculación del carro sobrepuesto 10. El accionamiento previsto para ello no se muestra adicionalmente en aras de una mayor claridad de la representación.

30 En la figura 3 están sujetas dos piezas de trabajo 16 en el dispositivo de sujeción 15 en forma simétrica y sin desequilibrio. A este fin, en el mandril de sujeción 12 están dispuestos dos alojamientos de pieza de trabajo 21 en los que están sujetas las piezas de trabajo 16, cada una de ellas con un extremo. Las piezas de trabajo 16 están sujetas con su otro extremo en unos contralojamientos correspondientes 22 que están dispuestos en la pinola 14 del contrapunto.

35 La herramienta 18 está dispuesta sobre un portaherramienta 23 que, por medio del equipo 17 de aproximación de la herramienta, puede trasladarse radialmente al mandril de sujeción 12, en lo que sigue el eje de giro, con respecto a dicho eje de giro, y que puede aproximarse en sentido radial y/o tangencial. Si se realiza este movimiento de regulación durante el desprendimiento de virutas en la herramienta 18 en sincronismo con la rotación del mandril de sujeción 12, se pueden producir entonces por arranque de virutas en las piezas de trabajo 16 unas superficies que no están situadas sobre una superficie envolvente cilíndrica concéntrica al eje de giro. Se pueden fabricar así piezas de trabajo 16 no redondas de casi cualquier naturaleza.

40 Los alojamientos de pieza de trabajo 21 y los contralojamientos 22 se extienden, por ejemplo, en respectivas ranuras 24, 25 y pueden ser regulados radialmente entre los pasos de mecanización para disponer las piezas de trabajo más cerca del eje de mecanización o más lejos de éste.

Para compensar desequilibrios originados, por ejemplo, por una disposición asimétrica de una pieza de trabajo 16 o varias piezas de trabajo 16 se ha previsto en un rebajo 26 del mandril de sujeción 12 un compensador de desequilibrio 27 en forma de una masa radialmente desplazable.

45 En esta solicitud se utilizan los términos radial y axial con respecto al eje de giro del husillo giratorio y del mandril de sujeción 12.

La figura 5 muestra una pieza de trabajo 16 sujeta en el dispositivo de sujeción 15 durante la mecanización de arranque de virutas por el filo 28 de la herramienta 18.

50 La pieza de trabajo 16 presenta un eje longitudinal que se extiende entre el alojamiento de pieza de trabajo 21 y el contralojamiento 22 y que está orientado paralelamente al eje de giro 29. La pieza de trabajo 16 está sujeta excéntricamente a cierta distancia radial del eje de giro 29, por lo que el eje de giro 29 no discurre a través de la pieza de trabajo 16. Para compensar el desequilibrio originado por esto se ha dispuesto también el compensador de desequilibrio 27 en posición radialmente decalada con respecto al eje de giro 29.

## ES 2 559 013 T3

La posición radial de la herramienta 18 con respecto a la pieza de trabajo 16 se controla ahora durante una revolución de la pieza de trabajo 16 alrededor del eje de giro de modo que, después del desprendimiento de virutas, resulte el perfil representado como no redondo en la pieza de trabajo 16. Se pueden producir así también perfiles de planos de sustentación.

- 5 La figura 6 muestra a título de ejemplo otra pieza de trabajo 16 que puede fabricarse con el dispositivo de torneado 1. En esta pieza de trabajo 16 se regula radialmente la herramienta 18 durante la mecanización de arranque de virutas de modo que en la pieza de trabajo se forme una zona de superficie 30 que mira radialmente hacia fuera en la posición sujeta mostrada y que presenta un contorno zonalmente convexo.

- 10 Para otros pasos de mecanización se puede variar la posición de la pieza de trabajo 16 en el dispositivo de sujeción 15, a cuyo fin se traslada la pieza de trabajo 16 a una segunda posición radial 31 centrada con respecto al eje de giro 29 o a una tercera posición radial 32 en el lado diametralmente opuesto o a una posición intermedia. Las posiciones 31, 32 se muestran aquí solamente a título de ejemplo. Pueden adoptarse también cualquier clase de posiciones libremente definibles.

- 15 La figura 7 muestra una vista desde delante con dos piezas de trabajo idénticas 16 que están sujetas en el dispositivo de sujeción 15 para la operación de torneado.

La figura 8 muestra una vista en sección a lo largo del plano de sección B-B de la figura 7. Se puede apreciar claramente el contorno no redondo del perfil 33 de las piezas de trabajo 16.

- 20 Se puede apreciar también que dentro de una revolución de las piezas de trabajo 16 alrededor del eje de giro 29 se mecanizan siempre por la herramienta 18 en las piezas de trabajo 16 unas respectivas zonas de superficie diferentes que no se corresponden, aun cuando los perfiles 33 de las piezas de trabajo 16 son iguales uno a otro.

- 25 Para la mecanización de otras zonas de superficie se tiene que variar la posición de las piezas de trabajo 16 en el dispositivo de sujeción 15, es decir, con relación al husillo giratorio con el mandril de sujeción 12, por ejemplo mediante basculación de los alojamientos de pieza de trabajo 21 y los contralojamientos 22 alrededor del eje longitudinal de las piezas de trabajo 16 y/o mediante traslación radial de las piezas de trabajo 16, como se ha descrito anteriormente.

La figura 9 muestra una vista de detalle de la figura 8, en la que la pieza de trabajo 16 ha sido basculada alrededor de su eje longitudinal en un ángulo determinado con respecto a la posición de la figura 8.

La pieza de trabajo 16 se sujeta por dos lados en su extremo o su pie 39 por medio de mordazas de sujeción regulables 34, siendo guiadas linealmente las mordazas de sujeción 34 en unos elementos de guía 35.

- 30 Se puede producir el contorno representado de la zona de superficie 30 en la pieza de trabajo 16 variando para ello de manera correspondiente la distancia radial de la herramienta 18 y especialmente del filo 28 con respecto al eje de giro 29 durante el desprendimiento de virutas en la pieza de trabajo 16. A este fin, un equipo de sincronización no representado adicionalmente sincroniza la rotación de la pieza de trabajo 16 alrededor del eje de giro 29 con el movimiento de aproximación de la herramienta 18.

- 35 Para poder mecanizar también con la herramienta 18 la zona de superficie 36 que mira radialmente hacia dentro en la situación de sujeción mostrada se tiene que variar la posición de la pieza de trabajo 16 en el dispositivo de sujeción 15, por ejemplo por basculación según un ángulo de 180° alrededor del eje longitudinal de la pieza de trabajo 16 perpendicular al plano del dibujo de la figura 8 o por traslación de la pieza de trabajo 16 a la posición diametralmente opuesta con respecto al eje de giro 29.

- 40 Se pueden producir así cualquier clase de contornos, también asimétricos, de perfiles 33 que se componen de zonas de superficie 30, 36 mecanizadas en pasos de mecanización consecutivos. En este caso, estas zonas de superficie 30, 36 pueden lindar una con otra en zonas de transición redondeadas 37 o en cantos 38.

La figura 10 muestra la pieza de trabajo sujeta 16 en las tres posiciones según la figura 6, en una vista desde delante.

- 45 La pieza de trabajo 16 está sujeta con su respectiva cabeza 40 en mordazas de sujeción 41 del contralojamiento 22. Las mordazas de sujeción 41 están construidas en principio como las mordazas de sujeción 34 y están dispuestas en forma trasladable.

En una representación parcialmente recortada se muestra que los contralojamientos 22 son guiados en la ranura 25 para realizar una regulación radial.

- 50 Para la compensación descrita del desequilibrio se traslada el compensador de desequilibrio 27 en sincronismo con la pieza de trabajo 16 en una posición 42, 43 decajada excéntrica con respecto a la posición centrada. A este fin, el dispositivo de torneado 1 presenta un equipo de sincronización mecánico y/o electrónico no mostrado



adicionalmente.

5 La figura 11 muestra en una vista desde delante el modo en que la pieza de trabajo 16 con el alojamiento de pieza de trabajo 21 puede ser trasladada hacia la herramienta 18 a lo largo del eje de giro 29 y del eje longitudinal de la pieza de trabajo 16 para realizar un torneado de otros segmentos axiales de la pieza de trabajo 16. Por tanto, resulta una posición axial modificada 44 del portaherramienta 18 con respecto a la pieza de trabajo 16. En este caso, la herramienta 18 puede permanecer fija en el espacio y puede estar previsto que el perfil producido 33 de la pieza de trabajo 16 varíe a lo largo de su eje longitudinal.

10 En la figura 11 se puede apreciar también que el contrapunto 13 está dispuesto en el carro sobrepuesto 10 de manera trasladable a lo largo del eje longitudinal 29 con respecto a este carro sobrepuesto 10 para admitir longitudes diferentes de la pieza de trabajo 16.

15 La figura 12 muestra que el portaherramienta 23 con la herramienta 18 puede ser basculado alrededor de un eje de basculación que está situado en un plano radial y es perpendicular en la figura 12 al plano del dibujo cuando lo requiera el perfil a producir de la pieza de trabajo 16. Este movimiento de basculación puede realizarse, por ejemplo, por basculación del carro sobrepuesto 10 alrededor de su eje de basculación. Se representan a título de ejemplo diferentes posiciones 45 del portaherramienta 23, pudiendo ocuparse también posiciones intermedias.

La figura 13 muestra una vista desde un lado del contrapunto 13, en la que se muestran diferentes posiciones de trabajo 46 del portaherramienta 23 con la herramienta 18. Estas posiciones 46 hacen transición de una a otra por basculación del portaherramienta 23 y del carro sobrepuesto 10 uno con respecto a otro alrededor de un eje que está orientado paralelamente al eje de giro. Se pueden ocupar también posiciones intermedias.

20 La figura 14 muestra una pieza bruta 47 de sección transversal redonda a partir de la cual se puede fabricar una pieza de trabajo 16. La figura 15 muestra una pieza bruta 48 de sección transversal rectangular. En las piezas brutas 47, 48 se mecanizan primeramente en un proceso de desbaste los cantos sobresalientes hacia la herramienta 18 para lograr una aproximación a la forma final deseada de la pieza de trabajo 16.

25 Las figuras 16 y 17 muestran a título de ejemplo dos piezas de trabajo posibles 16 que pueden fabricarse con el procedimiento según la invención en la máquina de torneado según la invención. En este caso, la pieza de trabajo 16 puede presentar un engrosamiento 50 de su perfil a lo largo de su dirección longitudinal. Se representan a título de ejemplo unos álabes de turbina esquematizados.

Las figuras 18 y 19 muestran a título de ejemplo unas herramientas de torneado 18 con filos diferentes 28 para producir contornos diferentes del perfil 33 de la pieza de trabajo 16.

30 La figura 20 muestra una herramienta 18 con una fresa 49 con la que pueden producirse, por ejemplo, las superficies planas del engrosamiento 50.

La figura 21 y la figura 22 muestran esta producción, que puede seguir al torneado anteriormente descrito o que puede preceder a éste.

35 En la máquina de torneado 1 se propone que la pieza de trabajo 16 prevista para el torneado con una herramienta 18 se sujete con su eje longitudinal paralelo al eje de giro 29 del dispositivo de sujeción rotativo 15 de tal manera que el eje de giro 29 no se corte con la pieza de trabajo 16, y que se varíe la posición de la pieza de trabajo 16 en el dispositivo de sujeción 15 entre dos pasos de mecanización del torneado de tal manera que las zonas de superficie 30, 36 sin mecanizar hasta ahora sean llevadas a la zona de trabajo de la herramienta 18.

**REIVINDICACIONES**

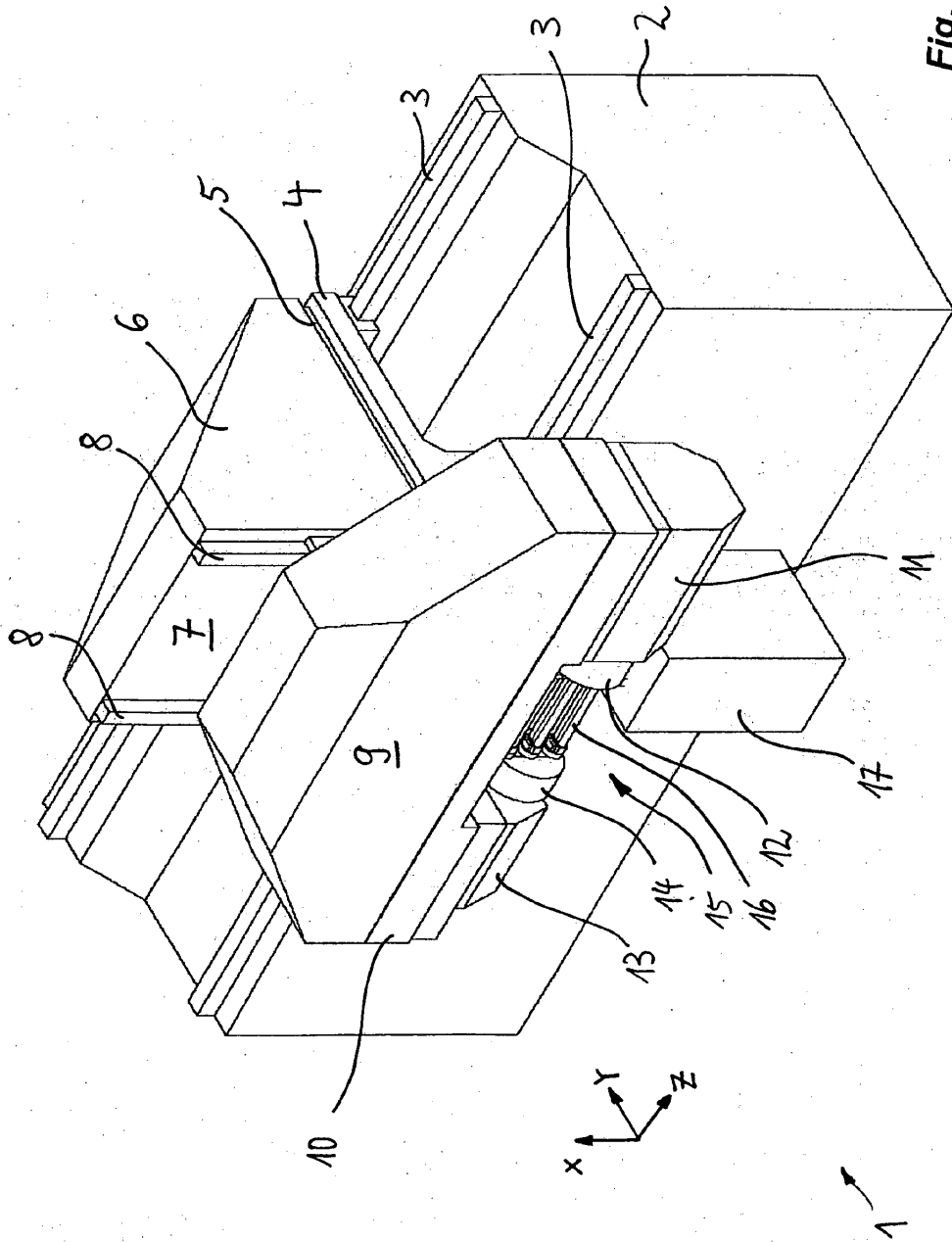
1. Procedimiento de torneado con arranque de virutas de una pieza de trabajo alargada (16) que presenta un eje longitudinal, cuya pieza de trabajo (16) se sujeta en un dispositivo de sujeción (15) y es hecha girar con una velocidad de mecanización alrededor de un eje de giro (29), aproximándose una herramienta de torneado (18) que ejecuta el torneado en sentido transversal al eje de giro (29) y siendo la velocidad de corte de la operación de torneado el resultado de la rotación de la pieza de trabajo (16) con relación a la herramienta de torneado (18), **caracterizado** por que se sujeta la pieza de trabajo (16) en el dispositivo de sujeción (15) con el eje longitudinal de la misma paralelo al eje de giro (29), pero excéntricamente y a distancia radial con respecto al eje de giro (29), de tal manera que el eje de giro (29) no discurra a través de la pieza de trabajo (16), y se aproxima la herramienta de torneado (18) radialmente desde fuera en sentido transversal al eje de giro (29), girando la pieza de trabajo (16) sobre un cilindro imaginario alrededor del eje de giro (29) y produciéndose un perfil de contorno no redondo, y por que la velocidad circular corresponde a la velocidad de giro de la herramienta y la pieza de trabajo realiza una revolución durante un movimiento circular alrededor del eje de giro central (29) y mira siempre radialmente hacia fuera el mismo lado exterior de la pieza de trabajo (16) durante la mecanización de arranque de virutas, manteniéndose la pieza de trabajo (16) inmóvil con relación al dispositivo de sujeción (15) durante la operación de torneado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que se traslada la herramienta de torneado (18) durante una revolución de la pieza de trabajo (16) hasta distancias radiales diferentes respecto del eje de giro (29).
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por que el movimiento de aproximación de la herramienta de torneado (18) se realiza en sincronismo con la rotación de la pieza de trabajo (16).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que la herramienta de torneado (18) y la pieza de trabajo (16) se trasladan adicionalmente una con relación a otra paralelamente al eje de giro (29) durante la operación de torneado.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que se varía la posición de la pieza de trabajo (16) en el dispositivo de sujeción (15) después del torneado de las zonas de superficie (30) que miran radialmente hacia fuera de tal manera que miren hacia fuera las zonas de superficie (36) que hasta entonces miraban radialmente hacia dentro, y por que se tornean las zonas de superficie (36) que miran ahora hacia fuera.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por que, para variar la posición, se traslada la pieza de trabajo (16) en el dispositivo de sujeción (15) sobre un trayecto situado en un plano radial, preferiblemente sobre un trayecto que discurre a través del eje de giro (29) y/o hasta el lado opuesto con respecto al eje de giro (29).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por que, para variar la posición, se traslada la pieza de trabajo (16) entre una posición radialmente distanciada del eje de giro (29) y una posición centrada con respecto al eje de giro (29).
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por que, para variar la posición, se gira la pieza de trabajo (16) en el dispositivo de sujeción (15) alrededor del eje longitudinal en la medida de un ángulo de giro, especialmente de 180°.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** por que en el dispositivo de sujeción rotativo (15) se sujetan al menos dos piezas de trabajo (16) y por que se tornean las al menos dos piezas de trabajo (16) en una operación común.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** por que se hace que bascule la herramienta de torneado (18) con su dirección de aproximación, durante la operación de torneado, en un plano radial y/o en un plano que incluye el eje de giro (29).
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por que se emplean dos herramientas de torneado (18) que atacan en la pieza de trabajo (16) durante una operación de torneado.
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** por que se fabrica una pieza de trabajo no redonda (16), especialmente una pieza de trabajo que presenta una sección transversal plana en sentido transversal a su eje longitudinal.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** por que se tornea transversalmente a su eje longitudinal una pieza bruta (47, 48) de forma libre, especialmente con una sección transversal de partida rectangular, redonda o elíptica.
14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por que se realizan primeramente

un desbaste y seguidamente un acabado para la operación de torneado.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** por que se realiza un cambio de la dirección de giro durante el desbaste.
- 5 16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** por que durante el desbaste se mantiene inalterada a lo largo de una revolución la distancia radial de la herramienta (18) al eje de giro (29) del dispositivo de sujeción (15).
17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** por que se proporciona a la pieza de trabajo (16) durante el desbaste una forma que está cerca del contorno de acabado.
- 10 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado** por que la rotación de la pieza de trabajo (16) se realiza con al menos 5 rpm, preferiblemente al menos 10 rpm.
19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** por que en una operación de sujeción se mecanizan zonas de superficie diferentes (30, 36, 37) en una primera pieza de trabajo (16), por un lado, y en una segunda pieza de trabajo (16), por otro lado, especialmente con contornos de diferente curvatura que discurren transversalmente al respectivo eje longitudinal.
- 15 20. Dispositivo de torneado (1) para perfiles no redondos, que comprende un dispositivo de sujeción (15) accionado por un husillo giratorio y un portaherramienta (23) con una herramienta de torneado (18) que puede aproximarse transversalmente al eje de giro (29) del husillo giratorio, **caracterizado** por que el dispositivo de sujeción (15) presenta un alojamiento de pieza de trabajo (21) dispuesto excéntricamente a cierta distancia radial del eje de giro (29) del husillo giratorio, y por que está previsto un equipo de sincronización que sincroniza el movimiento de aproximación del portaherramienta (23) con la rotación del husillo giratorio, de modo que un movimiento de regulación de la herramienta de torneado (18) durante un desprendimiento de virutas en dicha herramienta de torneado (18) puede ser ejecutado en sincronismo con la rotación de un mandril de sujeción (12) del dispositivo de sujeción (15).
- 20 21. Dispositivo de torneado (1) según la reivindicación 20, **caracterizado** por que el dispositivo de sujeción (15) presenta una pinola de contrapunto (14) rotativa alrededor del eje de giro (29) del husillo giratorio y dotada de un contralojamiento (22) para el extremo (40) de la pieza de trabajo (16) que queda alejado del husillo giratorio.
- 25 22. Máquina de torneado (1) según la reivindicación 20 o 21, **caracterizada** por que el dispositivo de sujeción (15) presenta un compensador de desequilibrio (27) para la pieza de trabajo sujeta (16).
- 30 23. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, **caracterizada** por que el compensador de desequilibrio (27) y el alojamiento de pieza de trabajo (21) están dispuestos de manera que pueden trasladarse en sincronismo, especialmente en dirección radial.
24. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, **caracterizada** por que el compensador de desequilibrio (27) está formado por otra pieza de trabajo sujeta (16).
- 35 25. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, **caracterizada** por que el dispositivo de sujeción (15) presenta una disposición de al menos dos alojamientos de pieza de trabajo (16) que está dotada de simetría de revolución con respecto al eje de giro (29) del husillo giratorio.
- 40 26. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25, **caracterizada** por que el alojamiento de pieza de trabajo (21) y/o el contralojamiento (22) están dispuestos de manera giratoria alrededor de un eje orientado paralelamente al eje de giro (29) del husillo giratorio y/o están dispuestos de manera que pueden trasladarse transversalmente al eje de giro (29), en particular cortándose con el eje de giro (29) y/o hasta el lado opuesto con respecto al eje de giro (29).
27. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 26, **caracterizada** por que la pinola (14) del contrapunto es accionable por un accionamiento rotativo.
- 45 28. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 27, **caracterizada** por que está previsto otro equipo de sincronización con el cual se puede sincronizar la rotación del husillo giratorio con la rotación de la pinola (14) del contrapunto.
29. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 28, **caracterizada** por que está prevista, además, una unidad de mecanización para realizar una mecanización de desbaste.
- 50 30. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 29, **caracterizada** por que el portaherramienta (23) está dispuesto de manera basculable alrededor de un eje orientado oblicuamente con

respecto al eje de giro (29) del husillo giratorio, en particular alrededor de un eje situado en un plano radial.

31. Máquina de torneado (1) según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 30, **caracterizada** por que el portaherramienta (23) y el alojamiento de pieza de trabajo (21) están dispuestos, además, de modo que pueden trasladarse uno respecto de otro en dirección paralela al eje de giro (29) del husillo giratorio.



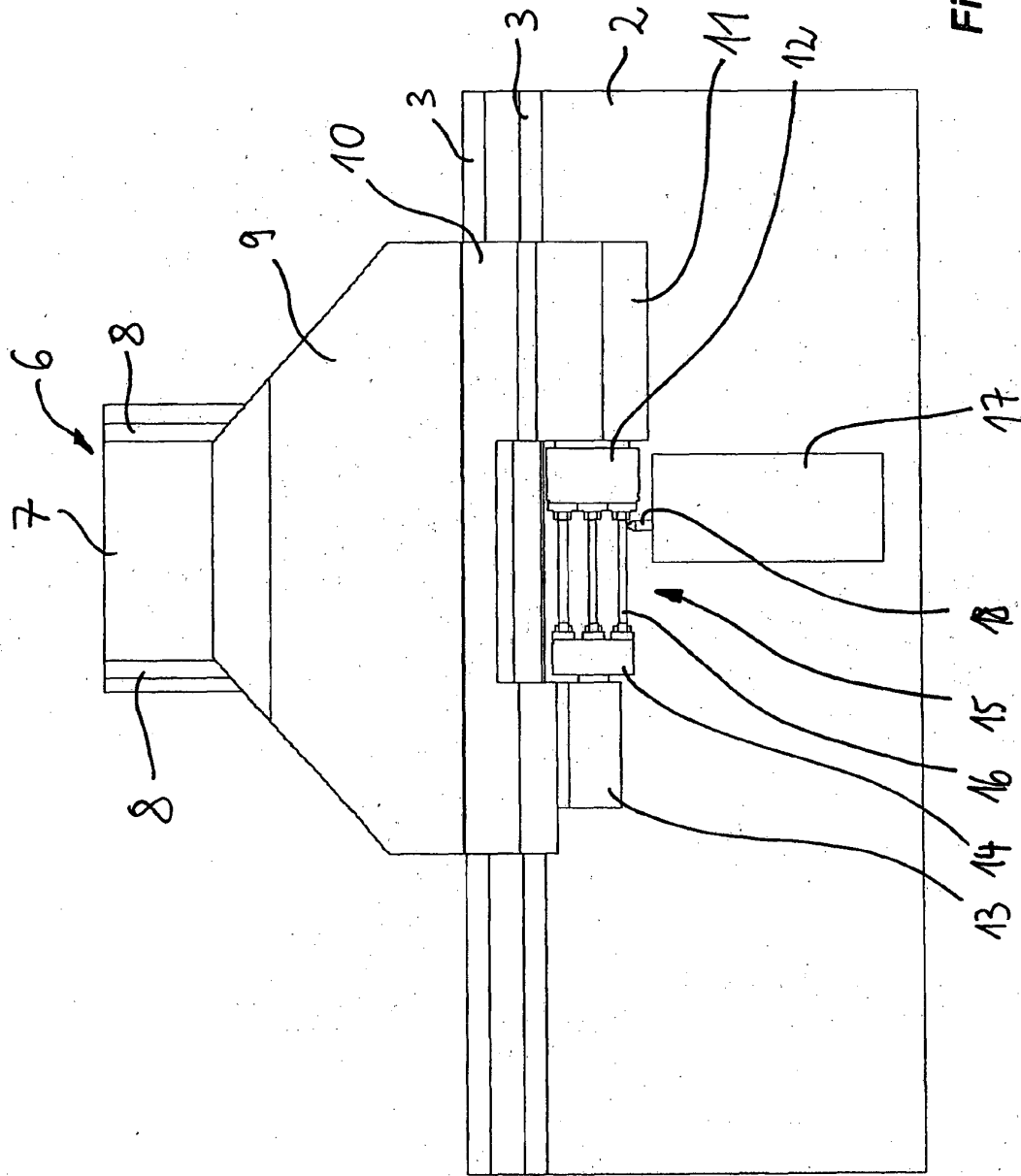


Fig. 2

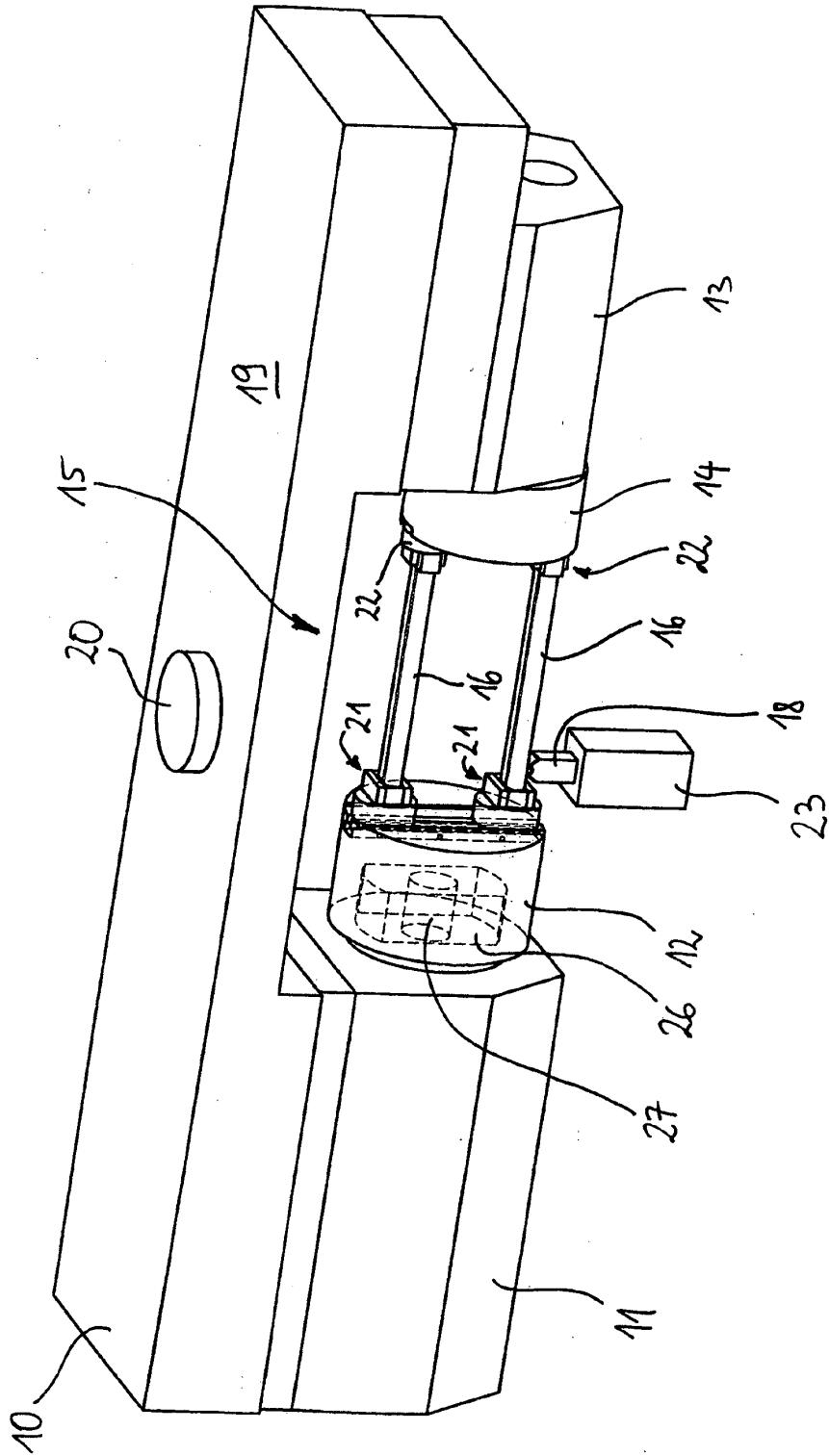


Fig. 3

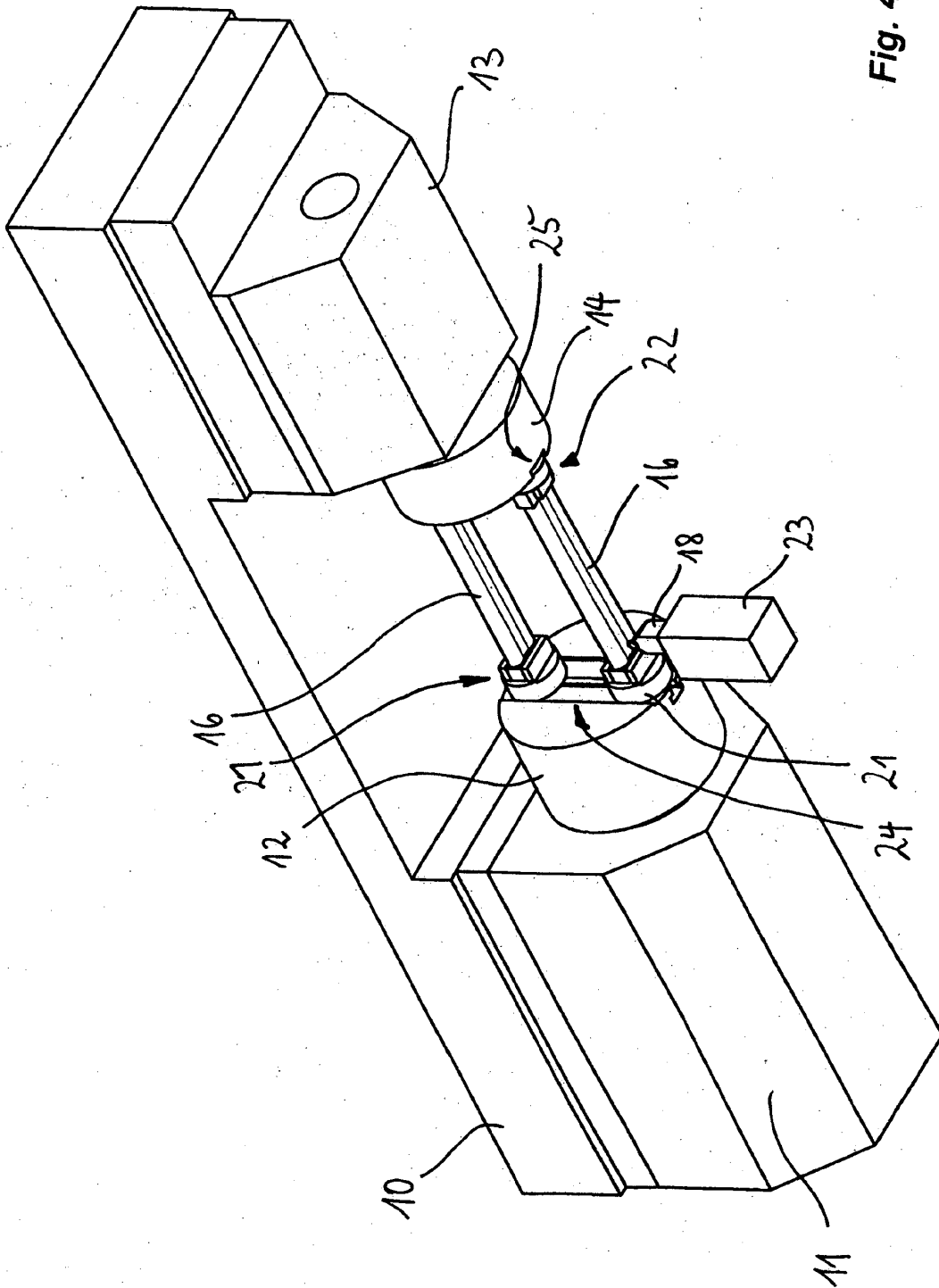
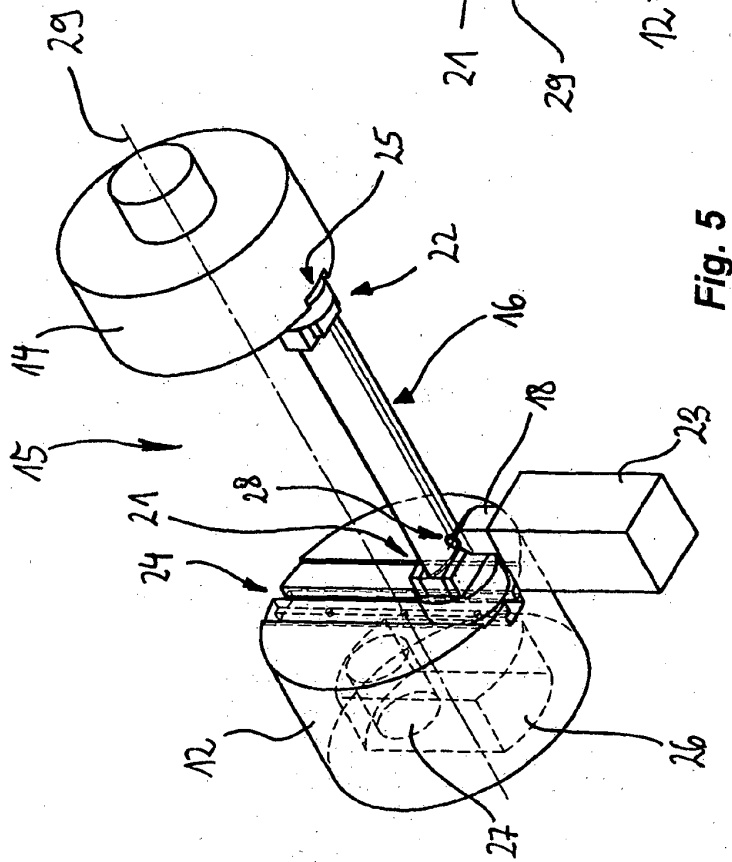
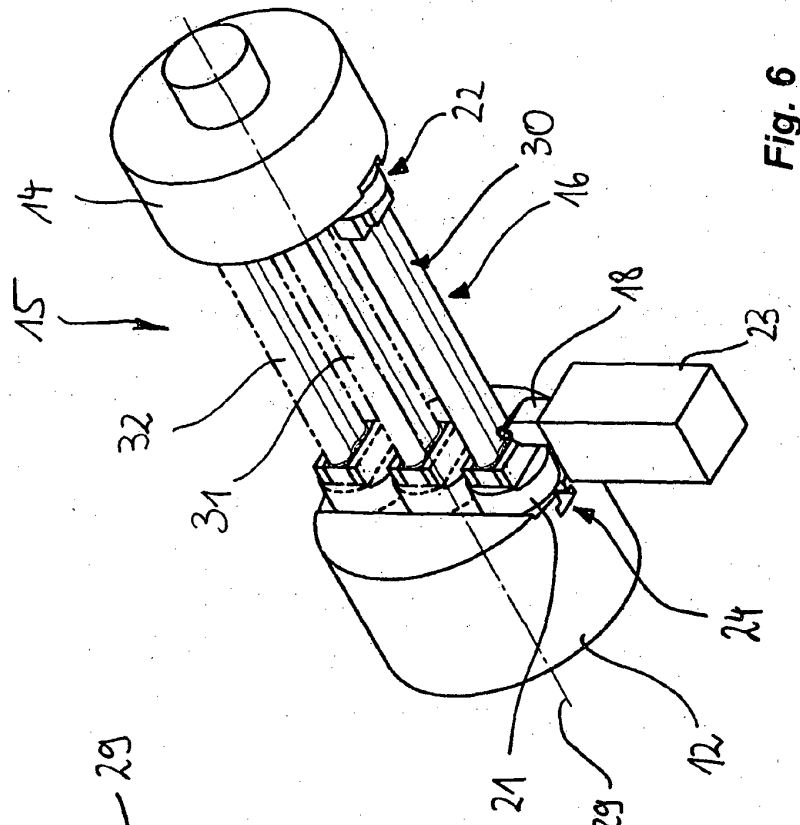
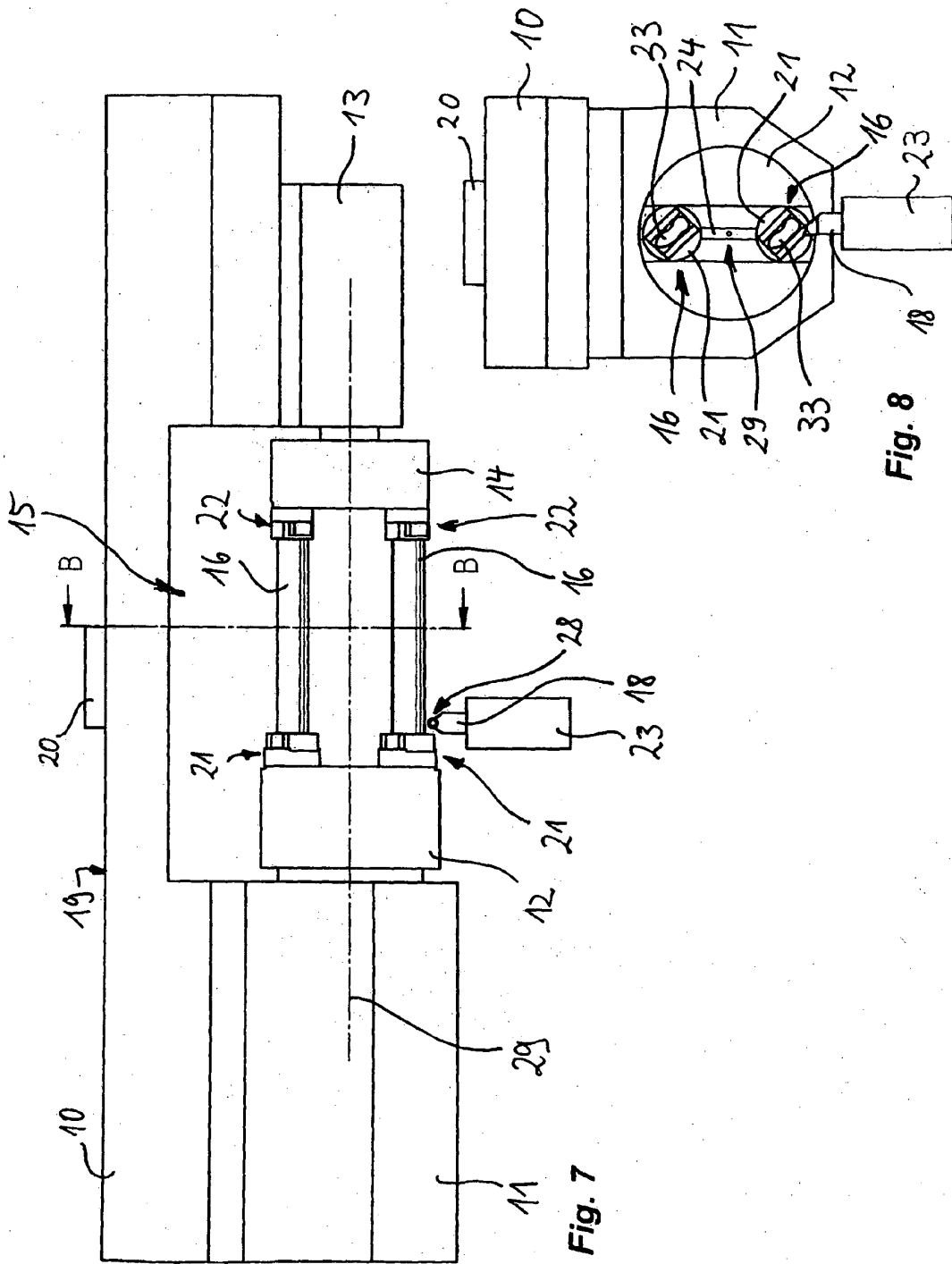


Fig. 4







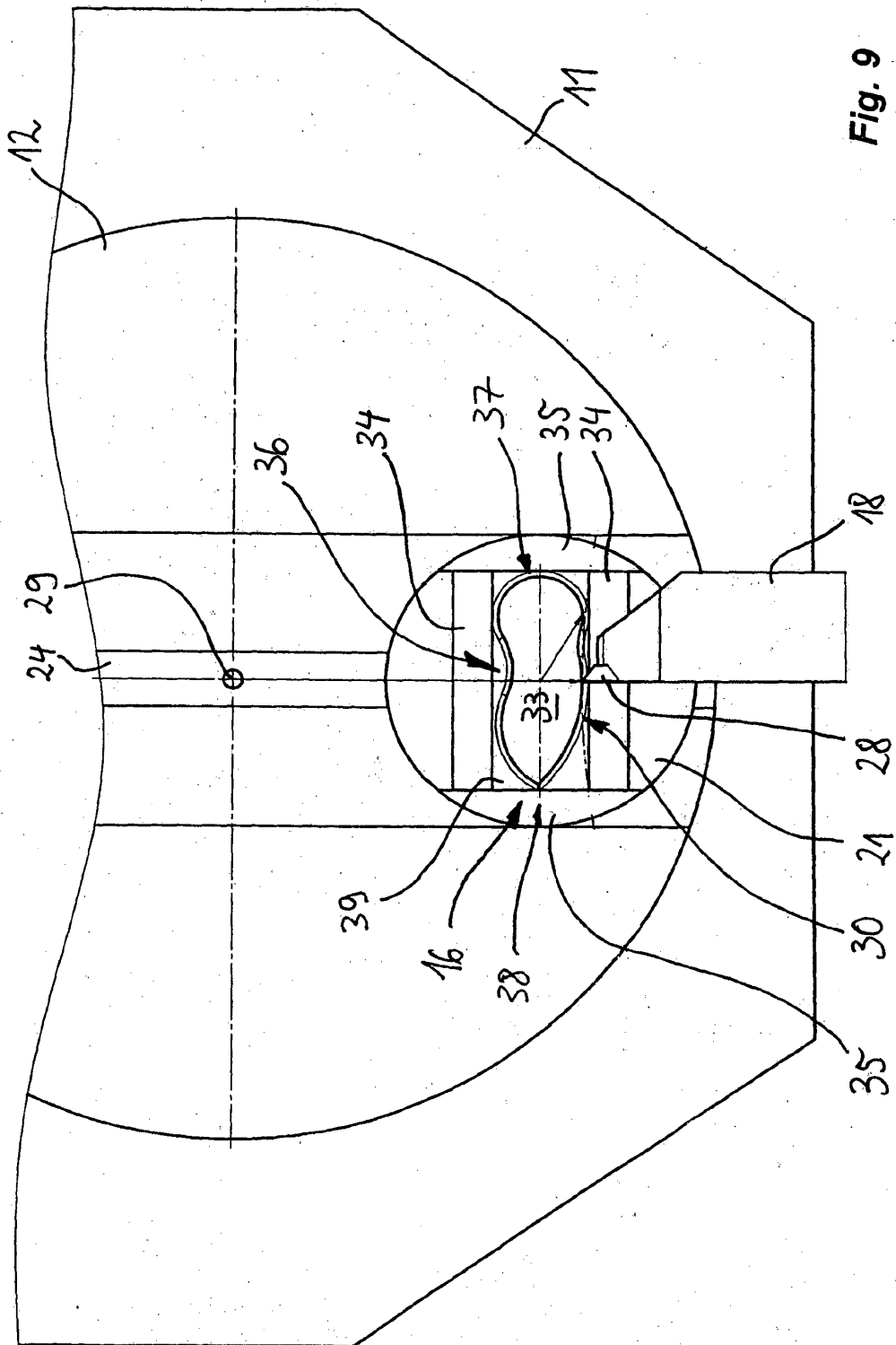
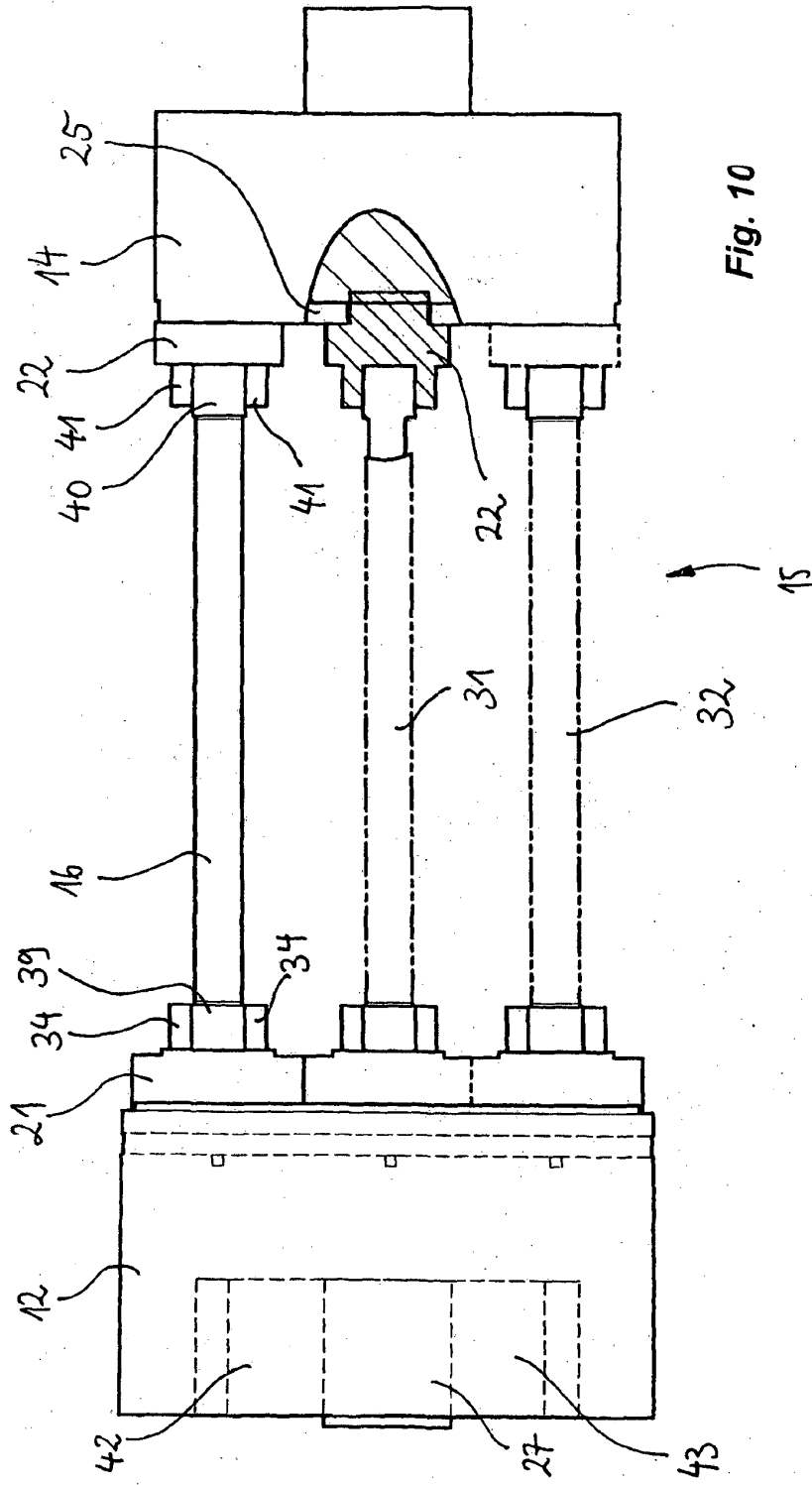


Fig. 9



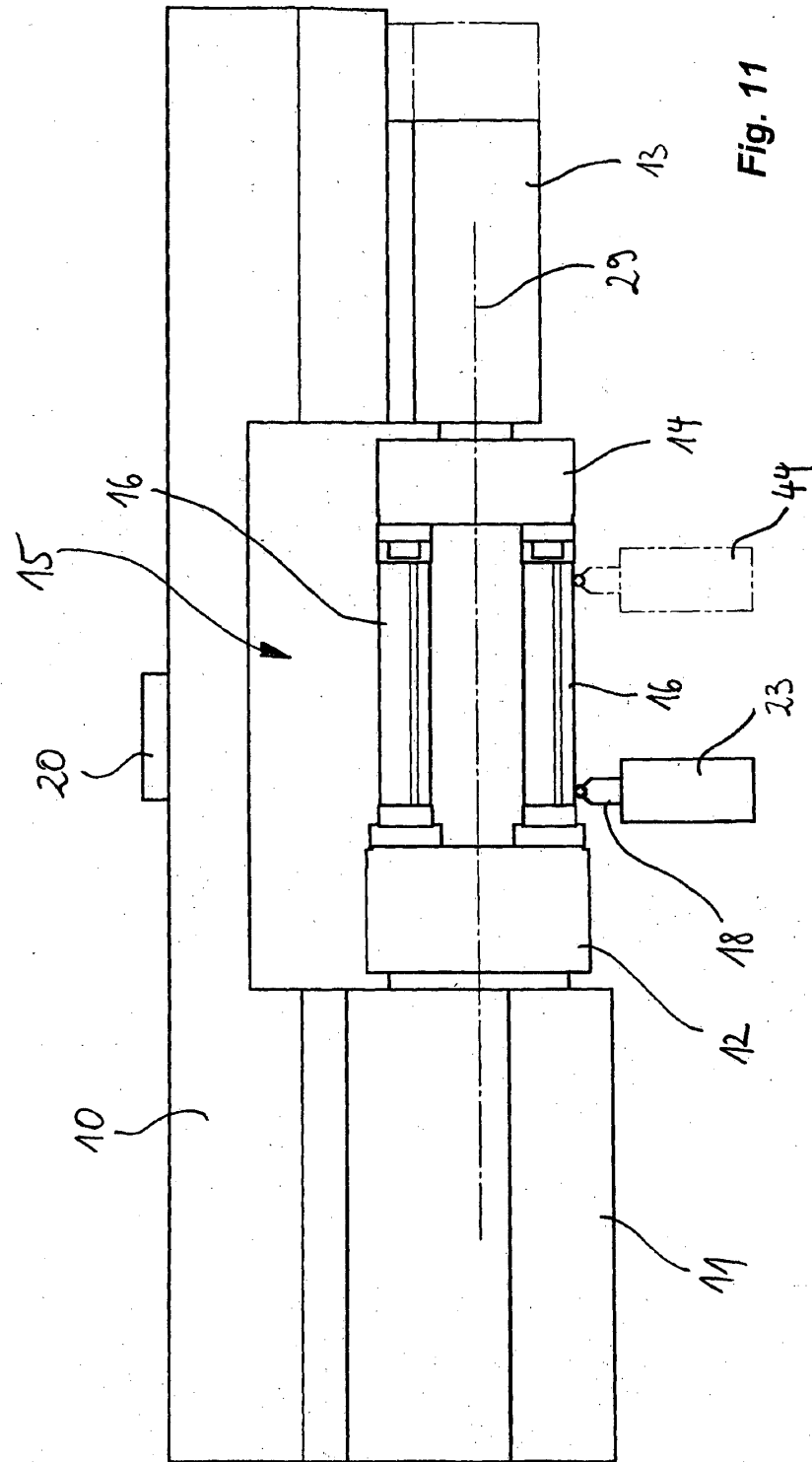


Fig. 11

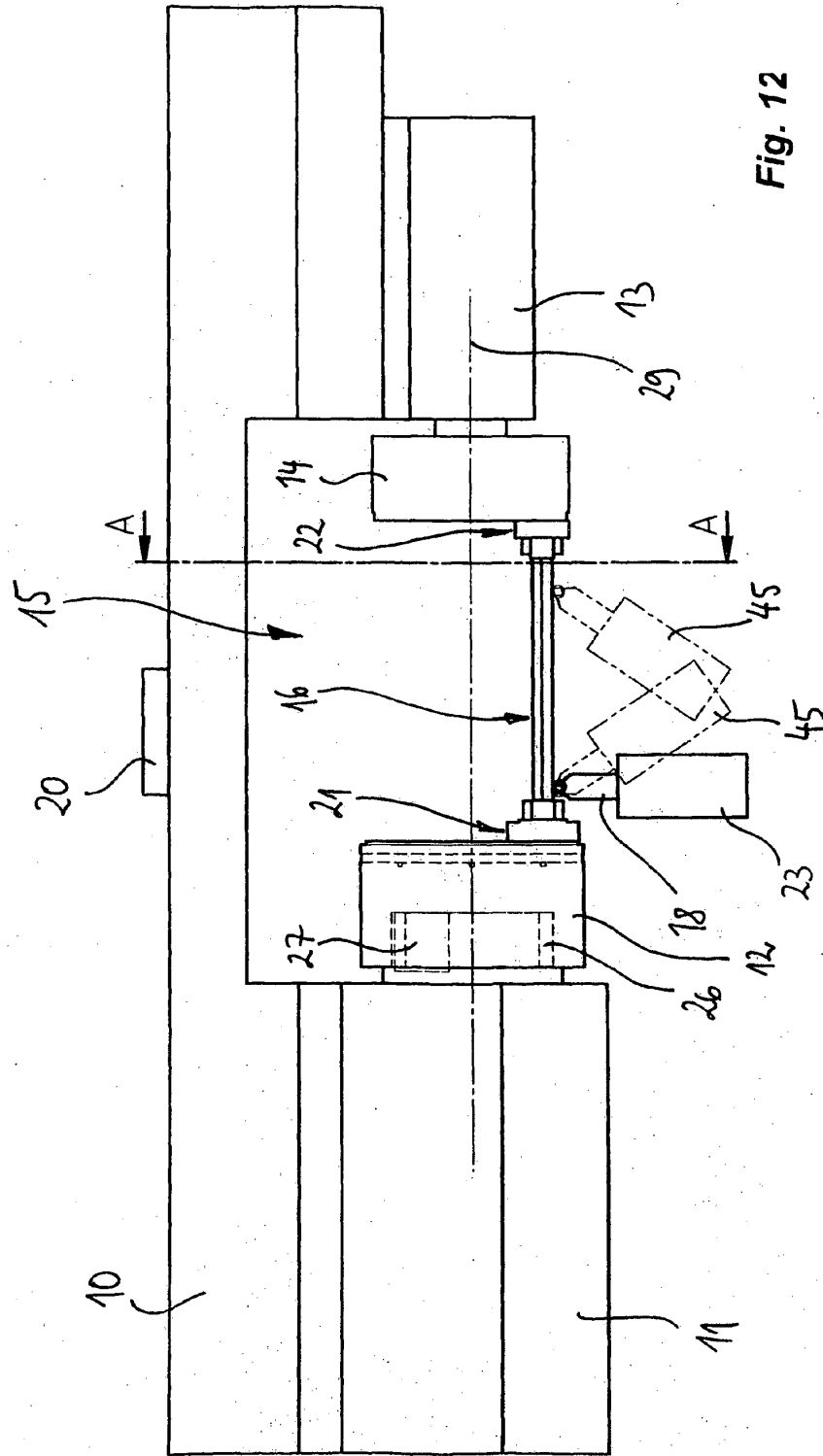


Fig. 12

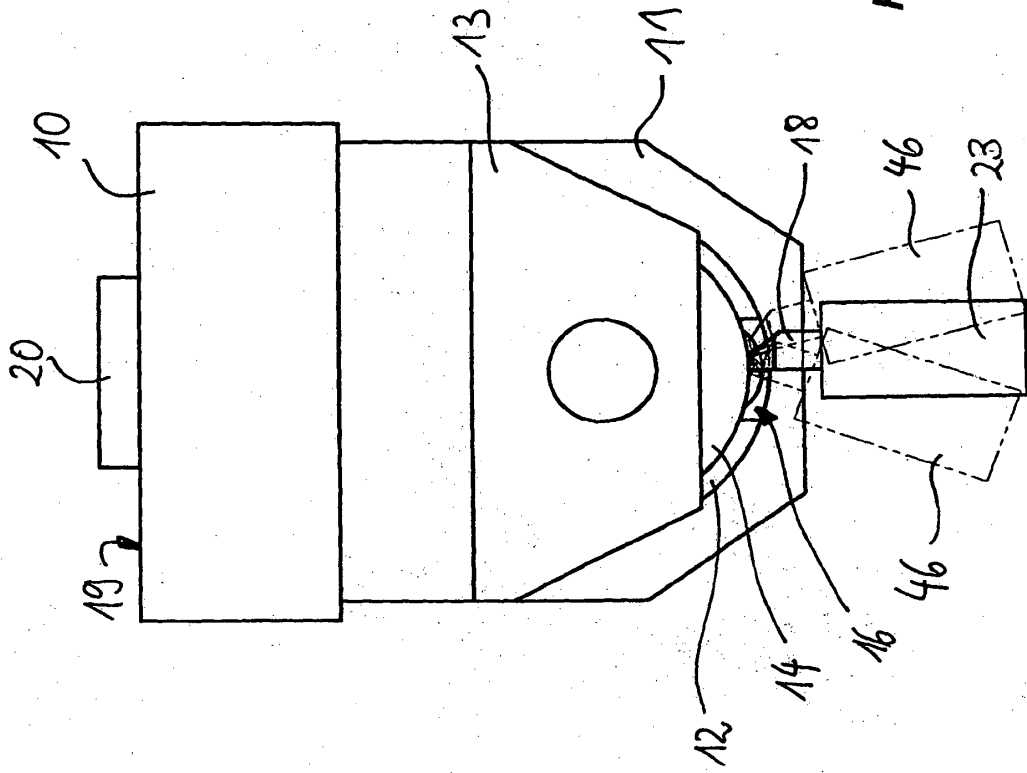


Fig. 13

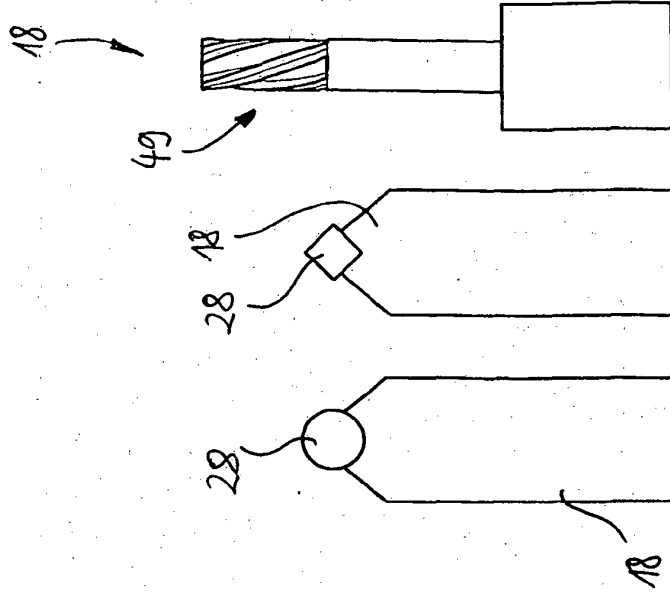
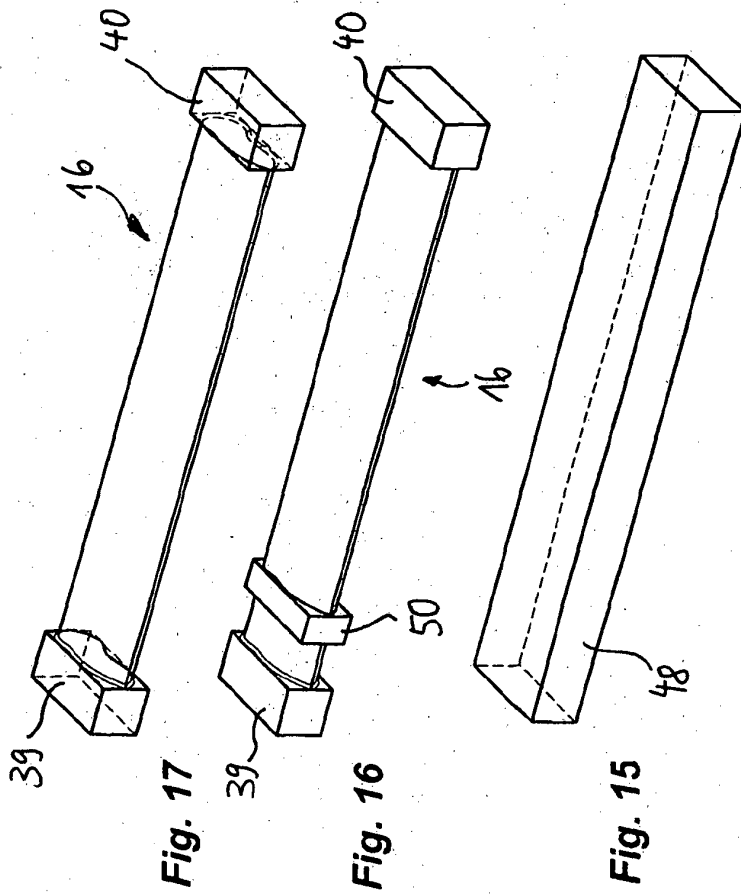
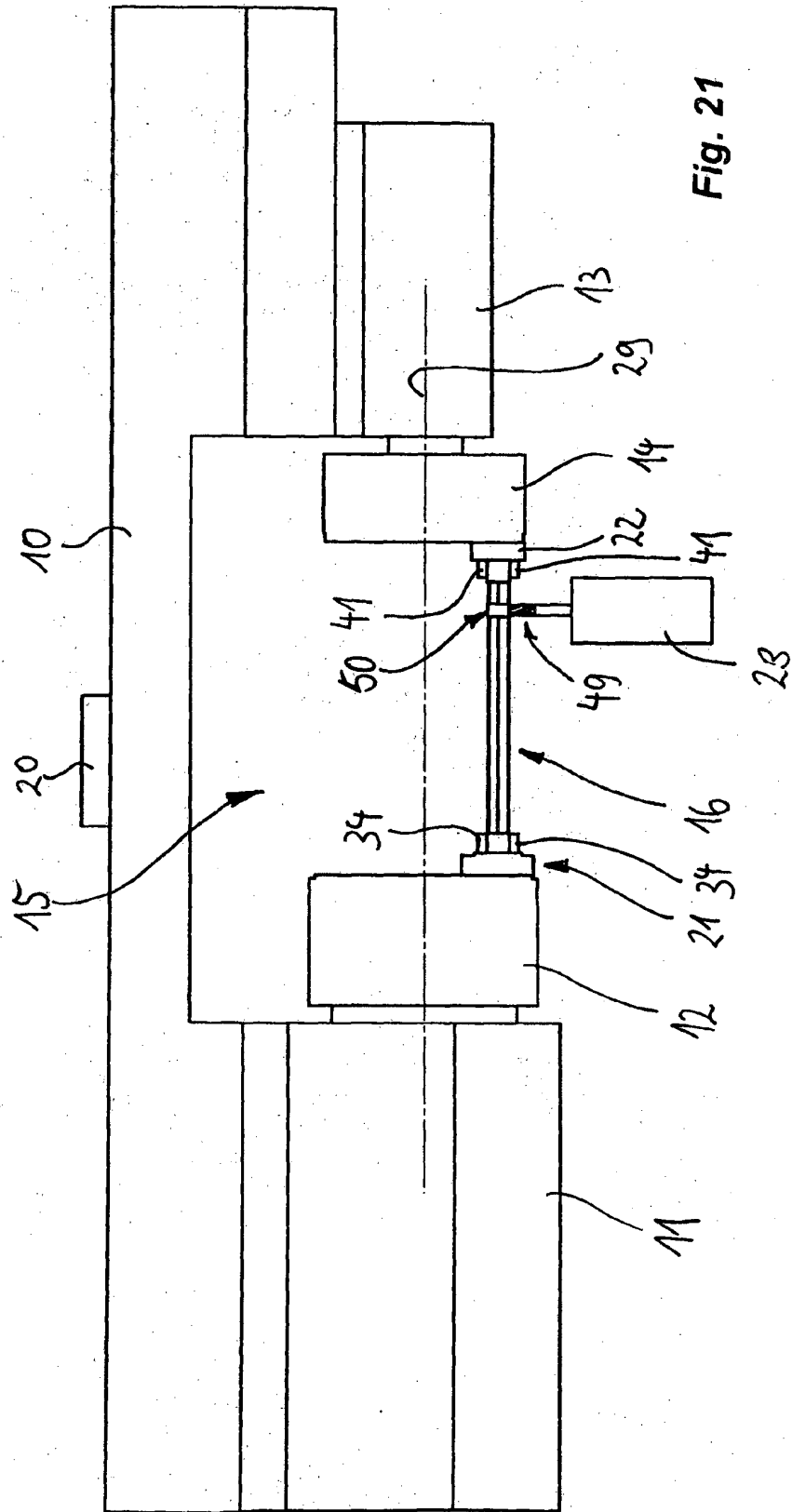


Fig. 18 Fig. 19 Fig. 20





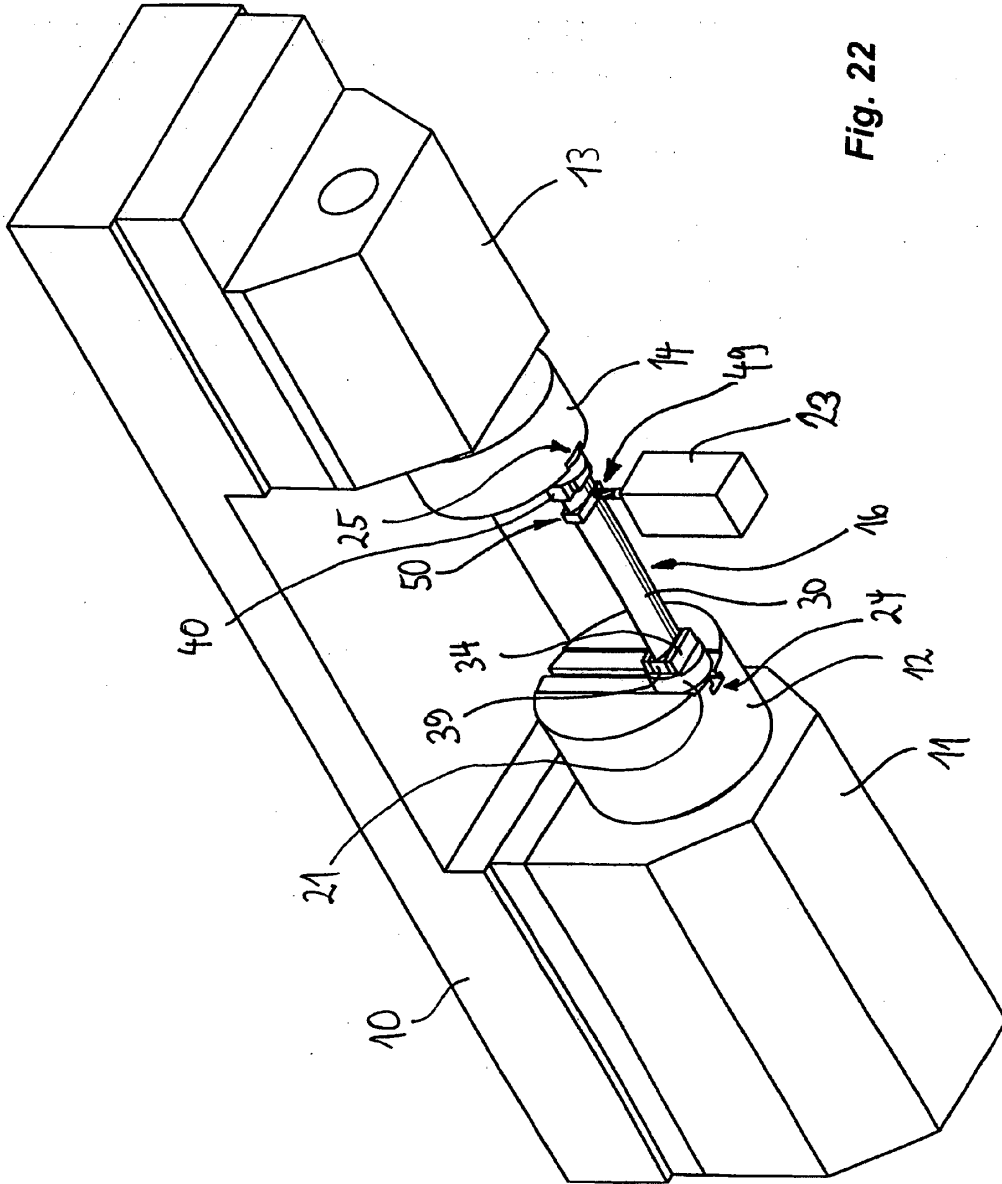


Fig. 22