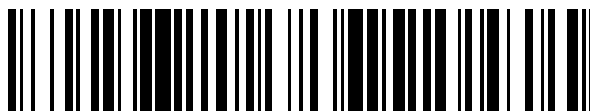


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 720**

51 Int. Cl.:

B23K 26/08 (2014.01)

B25J 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2003** **E 03029828 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018** **EP 1433576**

54 Título: **Robot de brazo articulado con un equipo láser dispuesto en su segundo eje**

30 Prioridad:

24.12.2002 DE 10261592

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

31.05.2018

73 Titular/es:

KUKA INDUSTRIES GMBH (100.0%)
Blücherstrasse 144
86165 Augsburg, DE

72 Inventor/es:

FISCHER, AXEL y
KROTH, EBERHARD, DR.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 670 720 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

Robot de brazo articulado con un equipo láser dispuesto en su segundo eje

La invención se refiere a un robot de brazo articulado para el tratamiento de piezas de trabajo mediante rayos láser, con al menos un primer hasta un quinto eje y con un equipo láser.

5 Un robot de brazo articulado con las características mencionadas anteriormente se conoce, por ejemplo, por el documento FR 2 551 378 A. Este robot de brazo articulado está configurado, a este respecto, de forma que en todas las direcciones del sistema cartesiano de coordenadas, se puedan implementar movimientos necesarios en el marco de los alcances de su primer hasta su quinto eje. La numeración de estos cinco ejes se conoce generalmente para robots de brazo articulado y se numeran consecutivamente empezando con el primer eje perpendicular dispuesto en la base o en el fondo subiendo hasta la mano de robot. Se advierte que, como es habitual en círculos profesionales, el concepto de eje no señala exclusivamente el eje pivotante, sino también los componentes, por ejemplo, brazos, movidos en torno al eje pivotante. Otro robot de brazo articulado se conoce por el documento EP0901875. Habitualmente en robots de brazo articulado conocidos de este tipo el tercer eje incluye el equipo láser para generar rayos láser con los que se deben tratar las piezas de trabajo.

10 No obstante, esto se considera especialmente molesto respecto a movimientos de trabajo más rápidos, ya que este equipo láser también contribuye considerablemente al peso que se debe mover junto con el tercer eje. Con ello surgen, por una parte, límites respecto a las potencias de láser, ya que láser con potencias más altas ya no se pueden emplear por su peso superior, y, por otra parte, ya no se puede acelerar la duración de ciclo o el movimiento de los ejes individuales, especialmente del primer al tercer eje, ya que esto da como resultado, por una parte, imprecisiones en los transcurso de movimiento y, por otra parte, implica un esfuerzo técnico desmesuradamente alto y, con ello, también en cuanto a costes.

La invención se basa, por lo tanto, en el objetivo de proporcionar un robot de brazo articulado del tipo mencionado al principio que, con medios técnicos sencillos, haga posible un aumento de potencia respecto tanto a la potencia de láser como a la emisión y reduzca al mismo tiempo los costes de fabricación.

25 Este objetivo se resuelve, de acuerdo con la invención, con un robot de brazo articulado del tipo mencionado al principio porque el equipo láser se está dispuesto en el segundo eje y los rayos láser que se pueden generar con él se pueden dirigir, antes de actuar sobre la pieza de trabajo, en esencia dentro del tercer al quinto eje, y porque en una cabeza de robot está dispuesto un sexto eje que tiene su recorrido transversalmente respecto al quinto eje.

30 Para la invención es especialmente importante, por una parte, que el equipo láser esté dispuesto ahora en el segundo eje. Con ello el movimiento de la óptica de tratamiento se puede efectuar con una dinámica considerablemente más alta. Como los dispositivos de dirección de rayo siguen estando dispuestos también en esencia en el interior del tercer al quinto eje, estos se pueden proteger también incluso mejor de agentes externos. Con ello hay también una distribución de masa más oportuna, ya que ahora el tercer eje es considerablemente más ligero comparado con robots de brazo articulado conocidos. Además, con ello el cumplimiento de condiciones límite para el empleo de láser unido con robots se hace considerablemente menos crítico, ya que el tamaño y el peso del láser juegan un papel secundario. Además el láser se expone a aceleraciones y velocidades considerablemente más bajas, de forma que con ello se deduce también una vida útil más larga para el propio láser.

40 Además, con la colocación ventajosa del láser en el segundo eje, ahora se pueden emplear también láser con mayor potencia y, con ello, peso superior. Además, a causa de la disposición, de acuerdo con la invención, del equipo láser, se pueden emplear láser de distintos fabricantes pero también, sencillamente, láser de diferentes tipos. Como el equipo láser ya no está dispuesto en el tercer eje, en el tratamiento surgen contornos de interferencia considerablemente más pequeños que hacen posible, naturalmente, un empleo más flexible. Esto facilita también tratamientos 3D, especialmente, de piezas de trabajo configuradas. Además también es posible incluso concebir el accionamiento del tercer eje o el brazo considerablemente más delgado y también incluso con masas más bajas. Esto aumenta, a su vez, la precisión de los movimientos y contribuye también incluso a un aumento de las velocidades de movimiento.

50 Un robot de brazo articulado de este tipo con guía de rayo integrada poseía solo cinco ejes de movimiento. La guía de rayo estaba integrada en el espacio de instalación de la cadena de accionamiento del sexto eje de movimiento, que falta. Esto era suficiente en el caso de aplicaciones de láser en las que solo el rayo láser se debía guiar a lo largo de una vía de tratamiento programada de forma fija.

En aplicaciones de láser en las que, por ejemplo, adicionalmente a la óptica de tratamiento se deben guiar equipos orientándolos hacia la vía de movimiento, sin embargo, son necesarios seis grados de libertad y, con ello, también un sexto eje de robot.

En los siguientes casos de aplicaciones, por lo tanto, se necesita una cinemática de seis ejes:

- 55 - alimentación de alambre frío en el caso de la soldadura o la soldadura blanda por láser;
- guía de piezas de tratamiento que son anisotrópicas como, por ejemplo, en el caso del revestimiento por láser;

- guía de un sensor de seguimiento de vía online;
- guía de otros equipos de procesamiento como, por ejemplo, rodillos de presión y similares;
- guía de ópticas de tratamiento con doble foco; y
- colocación de un escáner", por ejemplo, un sistema de desviación de rayo.

5 En estos casos de aplicación, hasta ahora se había montado habitualmente un módulo axial adicional entre el quinto eje y la óptica de tratamiento. El módulo axial adicional posee un servomotor de accionamiento y un engranaje de árbol hueco mediante el que el rayo láser puro es guiado a la óptica de tratamiento. Sin embargo, por el volumen constructivo, esta solución restringe mucho la movilidad del robot y repercute además, causando interferencias, en la accesibilidad en componentes tridimensionales. Además los conductos eléctricos de potencia y señalización para la activación del eje deben alimentarse exteriormente. Para mantener el volumen constructivo del eje lo más bajo posible se emplean solo accionamientos muy pequeños y, con ello, con poca potencia. Por la baja potencia son necesarias, correspondientemente, grandes reducciones del engranaje de árbol hueco. Esto repercute desventajosamente en la dinámica de movimiento, es decir, la velocidad y la aceleración posibles del sexto eje.

15 Para estos casos de aplicación es necesario el empleo de robots estándar de seis ejes y una alimentación de rayo externa. En el caso de láser CO₂, sin embargo, esta restringe mucho la capacidad de movimiento del robot y, a causa del volumen constructivo, causa también interferencias. Por ello en este caso se emplean, en la mayoría de los casos, láser guiados por fibra, por ejemplo, láser Nd:YAG. El cable conductor de luz o la fibra es guiada a la óptica de tratamiento montada en el sexto eje. El tamaño de la conexión de fibra y la colocación necesaria de la fibra dan como resultado grandes contornos de interferencia. Otra desventaja son los altos costes de adquisición y de funcionamiento de láser de estado sólido.

20 Por lo tanto, es necesario que en un cabezal de robot esté dispuesto también un sexto eje que tenga su recorrido transversalmente respecto al quinto eje.

Para evitar contornos exteriores que causen interferencias es ventajoso que un accionamiento para el sexto eje esté dispuesto en una carcasa para el cuarto eje.

25 De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención está previsto que en una o en la carcasa para el cuarto eje esté dispuesto otro accionamiento para el quinto eje.

Es especialmente ventajoso que el accionamiento para el sexto eje y el otro accionamiento para el quinto eje estén dispuestos en la carcasa de tal forma que primer y segundo árboles de accionamiento de ambos accionamientos se dirijan, paralelamente respecto al cuarto eje, en la dirección de la mano de robot.

30 Lógicamente hay muchos tipos de transmisión de movimiento. Una forma de realización ventajosa consiste, a este respecto, en que los árboles de accionamiento accionen engranajes de rueda cónica correspondientes.

Con ello se deducen las siguientes ventajas:

- sexto eje integrado;
- cinemática cerrada transformable, ya que los ejes 4, 5 y 6 se cortan en un punto, una denominada mano central";
- 35 - técnica de accionamiento separada espacialmente de la guía de rayo;
- forma constructiva compacta;
- no existen contornos de interferencia adicionales;
- no existe ninguna restricción en la movilidad del robot;
- longitudes cortas de piezas de trabajo, por ejemplo, distancia corta desde el punto medio de articulación de mano hasta el foco;
- 40 - las masas del eje adicional están dispuestas más cerca de la base de robot y deben moverse conjuntamente solo en los ejes 1 a 4; y
- los conductos eléctricos de potencia y señalización para la activación del eje se deben guiar solo hasta el eje 4.

45 Se han dado varias posibilidades para introducir el denominado rayo láser puro en el sistema axial. No obstante es ventajoso que, en el estado de funcionamiento, el rayo láser puro tenga su recorrido en esencia lateralmente a lo largo de la estructura de brazo entre el segundo y el tercer eje y se cruce en esencia perpendicularmente con el tercer eje.

A este respecto, así, es especialmente ventajoso que el tercer eje esté realizado como árbol hueco que se puede accionar.

50 Especialmente independiente de la potencia de láser es que, en el estado de funcionamiento, los rayos láser se puedan guiar sobre la pieza de trabajo por medio de un sistema de guía de rayo que presenta varios espejos y que este sistema de guía de rayo esté dispuesto dentro del tercer al quinto eje.

55 Para ello otra configuración de la invención prevé que los espejos estén dispuestos de tal forma que, en el estado de funcionamiento, los rayos láser en la zona del quinto eje o de la mano de robot chocan con el quinto eje desplazados del cuarto eje y a continuación son proyectados sobre la pieza de trabajo por medio de espejos.

Esto es posible, por una parte, cuando los rayos láser puedan ser guiados por medio de espejos.

Una disposición especialmente segura se da, a este respecto, cuando un primer espejo está dispuesto de forma que proyecta el rayo láser puro del equipo láser en esencia concéntricamente respecto al tercer eje sobre un segundo espejo, que proyecta los rayos láser en esencia concéntricamente respecto al cuarto eje sobre un tercer espejo, y de forma que, para que el quinto eje o la mano de robot que forma parte de él puedan rotar libremente, este tercer espejo proyecta los rayos láser transversalmente respecto al cuarto eje hacia el exterior sobre un cuarto espejo, este proyecta los rayos láser de forma aproximadamente paralela respecto al cuarto eje sobre un quinto espejo, que proyecta los rayos láser transversalmente respecto al cuarto eje de nuevo hacia el interior sobre un sexto espejo dispuesto en el punto de corte del cuarto y el quinto eje, espejo desde el cual los rayos láser son proyectados sobre la pieza de trabajo.

Para seguir reduciendo las tareas de ajuste respecto a los espejos es ventajoso que los rayos láser se puedan guiar por medio de cuatro espejos sobre la pieza de trabajo. Un número escaso de espejos implica, al mismo tiempo, bajas pérdidas de potencia.

Una disposición de este tipo es especialmente ventajosa cuando un primer espejo que está dispuesto de forma que proyecta el rayo láser puro del equipo láser en esencia concéntricamente respecto al tercer eje sobre un segundo espejo, que está alojado en una guía de espejo y guía los rayos láser rotando el cuarto eje sobre una superficie de recubrimiento cónica definida respecto al tercer espejo, que a su vez se mueve con una rotación del cuarto eje sobre una vía circular y guía los rayos láser a un cuarto espejo, el cual proyecta los rayos láser sobre la pieza de trabajo.

Es concebible un gran número de guías de espejos. No obstante, es ventajoso que la guía de espejo conste de un cuerpo base, un alojamiento de espejos, un acoplamiento mecánico y un elemento de unión, estando el cuerpo base de la guía de espejo alojado de forma rotatoria en torno al tercer eje.

A este respecto, de acuerdo con una forma de realización especialmente sencilla, está previsto que el movimiento, en forma de vía circular, del tercer espejo se pueda transmitir a la guía de espejo mediante un elemento de unión.

Además, es posible que los movimientos del elemento de unión estén guiados de forma restringida mecánicamente o se muevan mediante agentes accionados con energía externa. En el caso de que se elija una transmisión de movimiento mecánica es ventajoso que el elemento de unión mecánico sea un tubo protector que se sitúa en el eje de unión de ambos espejos.

A continuación se describe una alternativa al acoplamiento mecánico para una guía de rayo con cuatro espejos. De acuerdo con las realizaciones con respecto a las figuras 1 a 5 se indica la posibilidad de un cambio del seguimiento mecánico $\alpha/2$ mediante un sistema electrónico de espejos inclinables. Mediante una evaluación de las señales del sistema de medición del cuarto eje 4, en este caso, el espejo se mueve en ambos ejes, de acuerdo con las relaciones geométricas definidas, mediante agentes accionados con energía externa. En este sentido, no es necesaria ninguna guía de espejo mecánica.

De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención está previsto que el elemento de unión esté unido, por un lado, con el cuerpo base de la guía de espejo por medio de una articulación cuyo eje va perpendicularmente respecto al eje de rotación del cuerpo base y al mismo tiempo a través del punto de corte del tercer y el cuarto eje, y esté unido, por el otro lado, con la mano de robot.

Es concebible un gran número de acoplamientos mecánicos del tipo más general. No obstante es ventajoso que el acoplamiento mecánico una el elemento de unión con el alojamiento de espejo y presente la estructura de un engranaje planetario.

A este respecto puede estar previsto que un engranaje solar del engranaje planetario esté unido con el elemento de unión y un segundo engranaje solar esté unido fijamente con el alojamiento de espejo, estando dos engranajes planetarios unidos fijamente uno con otro por el mismo eje conectados de forma rotatoria al cuerpo base. En el caso de una reducción total del 0,5 entre ambos engranajes solares, el alojamiento de espejo se mueve exactamente con la mitad de la velocidad angular del elemento de unión. De esta manera, el rayo láser es guiado exactamente hacia el eje de unión entre el segundo y el tercer espejo.

Para la transmisión del movimiento aislado del espejo individual es ventajoso que el ángulo entre la superficie de espejo del segundo espejo y el cuarto eje en el plano de corte se pueda calcular del siguiente modo:

$$\alpha_2 = 45^\circ \pm \arctan a_3/a_2 * 0,5,$$

significando a_2 la distancia entre el segundo y el tercer espejo y a_3 la distancia entre el tercer y el cuarto espejo de uno a otro y dependiendo el signo algebraico de la ubicación del cuarto eje en el espacio.

Para mayor simplificación, a este respecto, es ventajoso que el ángulo entre la superficie de espacio del tercer espejo y del quinto eje en el plano de corte se pueda calcular del siguiente modo:

$$\alpha_{3A} = 45^\circ - \arctan a_3/a_2 * 0,5 ,$$

significando a_2 la distancia entre el segundo y el tercer espejo y a_3 la distancia entre el tercer y el cuarto espejo de uno a otro.

5 Como los espejos individuales son muy sensibles a la suciedad con respecto a su capacidad de transmisión, es ventajoso que el espacio interior de toda la guía de rayo esté hermetizado de forma opuesta a la técnica de accionamiento de los ejes.

Para poder compensar eventualmente tolerancias que se producen en la fabricación de las piezas individuales, es ventajoso que el equipo láser esté configurado de forma que se pueda ajustar.

10 A causa de la guía de espejo de acuerdo con la invención es posible que la longitud del cuarto eje se pueda elegir previamente de forma adecuada.

Especialmente en el tratamiento de plástico es ventajoso que exista un suministro de gas de proceso diseñado discrecionalmente.

Lógicamente la invención hace posible también el empleo de diferentes tipos de láser.

15 De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención está previsto que la guía de rayo se efectúe por medio de láser guiado por fibra.

Como alternativa a esto, no obstante, también es posible que la guía de rayo se efectúe por medio de cuatro espejos, así como de un elemento óptico.

Aunque es concebible un gran número de elementos ópticos, es ventajoso que el elemento óptico sea un prisma de desviación de rayo.

20 Otras ventajas y características se deducen de la siguiente descripción de varios ejemplos de realización, así como de las figuras a las que se hace referencia. Muestran:

La figura 1, una vista en perspectiva de un robot de brazo articulado de acuerdo con una primera forma de realización, entre otras cosas, para la representación de los cinco ejes.

La figura 2, una vista parcial cortada del ejemplo de realización representado en la figura 1 desde arriba.

25 La figura 3, una vista parcial cortada de la forma de realización representada en la figura 2 perpendicularmente respecto al plano de hoja.

La figura 4, una vista en planta parcialmente cortada sobre otro ejemplo de realización para la representación de la guía de espejo.

30 La figura 5, una vista parcialmente cortada del ejemplo de realización de acuerdo con la figura 4, vista perpendicularmente respecto al plano de hoja.

La figura 6, una vista parcialmente cortada de una mano de robot de acuerdo con otro ejemplo de realización.

La figura 7, una vista lateral parcialmente cortada, similar a la figura 6, con otro accionamiento para el quinto eje.

La figura 8, una vista lateral del robot de brazo articulado con un láser en el eje 2 y guía de rayo con cuatro espejos y prisma de desviación de rayo.

35 La figura 9, una vista en planta del robot de brazo articulado mostrado en la figura 8.

La figura 10, una vista detallada del robot de brazo articulado de acuerdo con la figura 8 y la figura 9.

La figura 11, una vista detallada del robot de brazo articulado representado en la figura 9.

40 Mediante las figuras 1 a 11 se describen ahora diferentes ejemplos de realización de un robot de brazo articulado 10 o 10'. A este respecto, mientras no se diga otra cosa, para conceptos iguales se emplean las mismas referencias. Se indica que, como es habitual en círculos profesionales, el concepto de eje no señala exclusivamente el eje pivotante, sino también los componentes, por ejemplo, brazos, movidos en torno al eje pivotante.

45 El robot de brazo articulado 10 mostrado en la figura 1 sirve para el tratamiento de piezas de trabajo mediante rayos láser. Un robot de brazo articulado de este tipo está estructurado principalmente como se describió en el documento DE 43 35 367. Un robot de brazo articulado 10 de este tipo está configurado de forma que sus componentes individuales puedan implementar, en todas las direcciones del sistema cartesiano de coordenadas, los movimientos necesarios en el marco de los alcances de sus ejes. Este robot de brazo articulado 10 está configurado con un primer hasta un quinto eje 1, 2, 3, 4 y 5 para el tratamiento en 3D de piezas de trabajo. A este respecto, cada uno de los cinco ejes 1, 2, 3, 4 y 5 posee un servomotor no representado para el accionamiento rotatorio correspondiente. Estos servomotores pueden ser activados por un control de vía de forma que provoquen los movimientos deseados, especialmente, movimientos axiales.

50 Como se puede observar en la figura 1, el primer eje 1 es aquel en torno al que todo el resto del robot de brazo articulado 10 se puede torcer en torno a un eje perpendicular. A este se conecta el segundo eje, que puede torcerse en esencia perpendicularmente respecto al primer eje 1. A este respecto se efectúa la rotación de este segundo eje 2 en torno a un eje que no corta el primer eje 1. Al extremo siguiente del segundo eje 2 está conectado un tercer eje

3 que, a su vez, hace posible movimientos rotatorios con respecto a este extremo del segundo eje 2, situándose, sin embargo, el tercer eje 3 paralelamente respecto al segundo eje 2. Para seguir aumentando la movilidad del robot de brazo articulado 10, al tercer eje está conectado, a su vez, un cuarto eje 4 que, a su vez, es perpendicular respecto al tercer eje 3 y lo corta. Por último existe un quinto eje 5 en torno al que puede pivotar una mano de robot 24. Este quinto eje 5 es en esencia perpendicular respecto al cuarto eje 4 y lo corta.

Lógicamente la mano de robot 24 presenta la óptica necesaria para robots de brazo articulado 10 que funcionan con base láser.

Como se deduce de todas las figuras, lateralmente a lo largo de la estructura de brazo del segundo eje 2 y del tercer eje 3 está dispuesto un equipo láser 14. Este está realizado de tal forma que los rayos láser 12 que se pueden producir con él, antes de su choque con la pieza de trabajo, se puedan guiar en esencia dentro del tercer al quinto eje 3, 4 y 5. A este respecto, el equipo láser 14 está dispuesto en el segundo eje 2 de forma que el rayo láser puro, por ejemplo, paralelo respecto al brazo pivotante no descrito más en detalle, se cruce perpendicularmente con el tercer eje 3.

El tercer eje 3 está realizado con un accionamiento de árbol hueco. Mediante este árbol hueco el rayo láser 12 es conducido por un espejo 18I de forma que se cruce concéntricamente respecto al eje 3 y perpendicularmente con el cuarto eje 4. En este punto de corte está dispuesto un segundo espejo 18II que proyecta los rayos láser 12 en esencia concéntricamente respecto al cuarto eje 4 sobre un tercer espejo 18III. Para que el quinto eje 5 o la mano de robot 24 dispuesta en él roten libremente, este tercer espejo 18III proyecta los rayos láser 12 transversalmente respecto al cuarto eje 4 hacia el exterior sobre un cuarto espejo 18IV. Este cuarto espejo 18IV proyecta, a su vez, de forma aproximadamente paralela respecto al cuarto eje 4, los rayos láser 12 sobre un quinto espejo 18V que, a su vez, proyecta los rayos láser 12 transversalmente respecto al cuarto eje 4 de nuevo hacia el interior sobre un sexto espejo 18VI dispuesto en el punto de corte del cuarto eje 4 y el quinto eje 5. Desde este sexto espejo 18VI los rayos láser 12 son proyectados sobre la pieza de trabajo, lógicamente después de recorres ópticas correspondientes. Esta solución de la trayectoria de los rayos se conoce ya por el documento EP 0 901 875.

No obstante, también es posible implementar la guía de rayo solo con ayuda de cuatro espejos 20I a 20IV. Esto está representado más en detalle en las figuras 4 y 5.

Para ello un primer espejo 20I está dispuesto de forma que haga que el rayo láser puro del equipo láser 14 se cruce en esencia concéntricamente respecto al tercer eje 3 y perpendicularmente respecto al cuarto eje 4 con un segundo espejo 20II que está alojado en una guía de espejo 26 y se encuentra aproximadamente en el punto de corte del tercer y el cuarto eje 3. Desde este segundo espejo 20II los rayos láser 12 son guiados, con la rotación del cuarto eje 4, a una superficie de recubrimiento cónica definida respecto a un tercer espejo 20III que está dispuesto sobre el quinto eje 5 dentro de una mano de robot 24. Este tercer espejo 20III se mueve, a su vez, con una rotación del cuarto eje 4, sobre una vía circular y proyecta los rayos láser 12 sobre un cuarto espejo 20IV, el cual, a su vez, proyecta los rayos láser 12 sobre la pieza de trabajo.

Esta variante es, así, similar a la solución con seis espejos, con la diferencia de que el segundo espejo 20II guía los rayos láser 12, por medio de la guía de espejo 26, rotando el cuarto eje, sobre una superficie de recubrimiento cónica definida respecto al tercer espejo 20III.

La guía de espejo 26 consta de un cuerpo base no descrito más en detalle, un alojamiento de espejos no descrito más en detalle, así como una transmisión general, en este caso, en la forma de un acoplamiento mecánico, así como de un elemento de unión. De esta manera, el cuerpo base de la guía de espejo 26 está alojado de forma rotatoria en torno al tercer eje 3. Con una rotación del cuarto eje 4 el tercer espejo 20III se mueve sobre un círculo. Para transmitir este movimiento a la guía de espejo 26 se emplea un elemento de unión mecánico, que no está representado, entre la guía de espejo 26 y el tercer espejo 20III o la mano de robot 24. Aunque no está representado, este elemento de unión puede ofrecer, sin embargo, también el movimiento con ayuda agentes accionados por energía externa y/o una mezcla de estas posibilidades de transmisión.

Por ejemplo, este elemento de unión puede ser un tubo protector que se sitúa en el eje de unión del segundo y el tercer espejo 20II y III.

El elemento de unión está unido en un lado con el cuerpo base de la guía de espejo 26 por medio de una articulación cuyo eje va perpendicularmente respecto al eje de rotación del cuerpo base y, al mismo tiempo, a través del punto de corte del tercer y el cuarto eje 3 y 4.

En el otro lado, el elemento de unión está unido con la mano de robot 24. Con una rotación del cuarto eje 4, de esta manera el cuerpo base de la guía de espejo 26 es guiado conjuntamente de forma sincrónica en la posición angular del elemento de unión. El propio elemento de unión puede compensar en el eje de unión del segundo y el tercer espejo 20II y III movimientos rotatorios del cuarto eje 4.

El alojamiento de espejos está alojado de forma pivotante en el cuerpo base, en el mismo eje que el elemento de unión. En el alojamiento de espejos se monta el segundo espejo 20II por medio de una brida de espejo con equipo de ajuste. Para que el rayo láser 12 sea guiado, con una desviación del elemento de unión en torno a su eje de

rotación, de forma definida, hacia el eje de unión entre el segundo y el tercer espejo 20II y III, se efectúa un acoplamiento forzado del elemento de unión y el alojamiento de espejos por medio de un acoplamiento mecánico. A este respecto se debe advertir que también son posibles otros tipos de transmisión, sin embargo, en este caso se eligió el tipo de un acoplamiento mecánico. También para la elección de un engranaje hay diferentes posibilidades.

- 5 El acoplamiento mecánico elegido tiene la estructura de un engranaje planetario. Un engranaje solar está, a este respecto, unido fijamente con el elemento de unión y un segundo engranaje solar, fijamente con el alojamiento de espejos. Dos engranajes planetarios unidos fijamente uno con otro por el mismo eje están fijados de forma rotatoria al cuerpo base. En una reducción total de 0,5 entre ambos engranajes solares, el alojamiento de espejos se mueve exactamente a la mitad de velocidad angular del elemento de unión. De esta manera el rayo láser 12 es guiado exactamente al eje de unión entre el segundo y el tercer espejo 20II y III.

En la posición angular del cuarto eje 4 mostrada en la figura 4, el ángulo entre la superficie de espejo del segundo espejo 20II y el cuarto eje 4 en el plano de corte es

$$\alpha_1 = 45^\circ + \arctan a_3/a_2 * 0,50 .$$

Con una rotación del cuarto eje 4 en torno a 180° se ajusta un ángulo de

$$15 \quad \alpha_{21} = 45^\circ - \arctan a_2/a_3 * 0,50 .$$

En este sentido, el ángulo perpendicular respecto al plano de corte es, respectivamente, $\alpha_{22} = 90^\circ$.

Si, sin embargo, el cuarto eje 4 rota en torno a 90° de su posición mostrada, así se ajusta por medio de la guía de espejo 26 en el plano de corte de $\alpha_{21} = 45^\circ$.

El ángulo perpendicular respecto al plano de corte es entonces, según la dirección de rotación,

$$20 \quad \alpha_{22} = 90^\circ \pm \arctan a_3/a_2 .$$

El tercer espejo 20III está instalado rígidamente en la mano de robot 24. El ángulo entre la superficie de espejo del tercer espejo y el quinto eje 5 en el plano de corte es, a este respecto,

$$\alpha_{3A} = 45^\circ - \arctan a_3/a_2 * 0,50 .$$

El ángulo perpendicular respecto a este plano de corte es, a este respecto, de $\alpha_{3B} = 90^\circ$.

- 25 Aunque no está representado más en detalle, el espacio interior de toda la guía de espejo está hermetizado respecto a la técnica de accionamiento de los ejes 1 a 5 para que la posibilidad de que uno de los espejos se ensucie sea lo más baja posible. Es especialmente ventajoso que el accionamiento del quinto eje 5 sea un motor pequeño integrado en el brazo pivotante que rote conjuntamente con este.

- 30 También a causa de la guía especial de rayo son posibles diferentes longitudes de brazo del cuarto eje 4. A causa de la relación de longitudes a_3/a_2 el ángulo de inclinación del segundo espejo 20II es relativamente pequeño. Por lo tanto este sistema es adecuado para diferentes longitudes de brazo o para diferentes tamaños de a_2 sin tener que realizar modificaciones constructivas de la guía de espejo.

- 35 En principio, la solución descrita de la guía de espejo se puede emplear también en otros ejes en los que se un rayo láser se deba desviar de forma definida en torno a, aproximadamente, $90^\circ \pm \alpha$. A este respecto ha resultado que es perfectamente posible elegir este ángulo α hasta 30° .

Además el equipo láser 14 está configurado de forma que se puede ajustar. Esto hace posible, por una parte, la supresión de tolerancias de masa. Por otra parte, con ello se hace posible también, sin embargo, una empleación de equipos láser de diferente tipo, ya que con ayuda de este ajuste siempre es posible una orientación correcta.

- 40 Finalmente cabe señalar que también se puede emplear un suministro de gas de proceso diseñado discrecionalmente que no está representado en las figuras. Este sirve especialmente para la eliminación de residuos de corte en el tratamiento de plástico. A causa de la disposición del equipo láser en el segundo eje 2 el movimiento de la óptica de tratamiento se puede efectuar con dinámica considerablemente más alta. La distribución de masa más oportuna que resulta de esto facilita además el control de movimiento. El cumplimiento de condiciones límite para el empleo de láser unido con robots se hace así considerablemente menos crítico, ya que el tamaño y, especialmente, el peso juegan un papel secundario. Es decir, el láser se expone a aceleraciones y velocidades considerablemente más bajas, por lo que se deduce también, entre otras cosas, una vida útil más larga para el equipo láser.

En las figuras 6 a 11 está mostrado otro ejemplo de realización de un robot de brazo articulado 10'. En este robot de brazo articulado 10', en la cabeza de robot 24 está dispuesto un sexto eje 6 que tiene su recorrido transversalmente

respecto al quinto eje 5.

Un accionamiento 7 empleado para ello para el sexto eje 6 está dispuesto en una carcasa 8 para el cuarto eje 4.

En esta carcasa 8 para el cuarto eje 4 está dispuesto también otro accionamiento 9 para el quinto eje 5.

5 La estructura de este robot de brazo articulado 10' presenta lógicamente también todas las características que se han descrito anteriormente en relación con las figuras 1 a 5. El módulo axial de mano consta, por lo tanto, además, de un lado de accionamiento y de guía de espejo. En este ejemplo de realización del robot de brazo articulado 10' la técnica de accionamiento del sexto eje está integrada adicionalmente en la carcasa 8 del cuarto eje 4 o el lado de accionamiento de la mecánica axial de mano existente.

10 El lado de guía de espejo del eje de mano de la solución con seis ejes es similar en estructura a la solución con cinco ejes. A este respecto, el lado de accionamiento está estructurado del siguiente modo. En la carcasa 8 del cuarto eje 4 ambos accionamientos 7 y 9 de los ejes 6 y 5 están instalados de forma que ambos árboles de accionamiento 7a y 9a señalen paralelamente respecto al cuarto eje 4 en la dirección del módulo axial de mano o de la mano de robot 24. Los árboles de accionamiento 7a y 9a se unen respectivamente con los engranajes del quinto y el sexto eje 5 y 6. En el presente caso se emplean engranajes de rueda cónica 7b y 9b.

15 El juego de rueda cónica del quinto eje 5, que consta de un piñón de rueda cónica 9b1 y una corona dentada 9b2, está dispuesto dentro y mueve una brida pivotante 9c del quinto eje 5. Este juego de rueda está realizado, en este caso, con un árbol hueco.

20 El juego de rueda cónica del sexto eje 6, que consta de un piñón de rueda cónica 7b1 y una corona dentada 7b2, está dispuesto fuera. Por medio del árbol de accionamiento 7d, el movimiento rotatorio de este engranaje es transmitido por el árbol hueco del engranaje del quinto eje 5 a otro juego de rueda cónica, que consta un piñón de rueda cónica 7b3 y una rueda de accionamiento 7b4. La rueda de accionamiento de este juego de rueda cónica está realizada también como árbol hueco y actúa directamente sobre la brida de accionamiento 7c alojada rotatoriamente del sexto eje 6. Por este árbol hueco es guiado el rayo láser 12 puro.

25 Para el aumento de la reducción total es posible introducir respectivamente, entre ambos accionamientos 7 y 9 y los piñones de entrada del engranaje de rueda cónica del eje de mano, otro nivel de engranaje o, de modo general, otro engranaje. En este caso, en cada uno de los dos accionamientos 7 y 9 se monta un engranaje recto, por ejemplo, de un nivel. Para poder construir de forma más compacta es ventajoso que ambos engranajes estén integrados en una carcasa común. Esto no está integrado en las figuras.

30 Además es ventajoso emplear engranajes de rueda cónica con forma constructiva hipoidal, ya que estos, con una disposición bidireccional de las coronas dentadas 7b2 y 9b2 dan como resultado una mayor distancia axial de los árboles de piñón o ruedas de entrada. De esta manera el módulo axial de mano se hace muy compacto y posee pequeños contornos de interferencia.

A continuación se describen varias variantes de guía de rayo.

35 Primero se describe la guía de rayo para el empleo de láser estacionarios guiados por fibra. A este respecto hay dos variantes de realización posibles.

40 Por una parte es posible disponer la alimentación de la fibra lateralmente en el brazo pivotante del segundo eje 2, de forma que la salida de rayo está orientada perpendicularmente respecto al tercer eje 3. Este es, en principio, similar al acoplamiento de rayo de un láser CO₂. Detrás de la conexión de fibra o de la clavija de fibra está dispuesta una óptica de colimación o un módulo de colimación que forma el rayo láser 12 puro en el diámetro necesario de rayo puro. La guía de rayo es idéntica en estructura a los robots de brazo articulado descritos anteriormente en relación con las figuras 1 a 5 en el empleo de cuatro o seis espejos.

Esto significa que el rayo 12 es transmitido por medio del primer espejo 18I concéntricamente respecto al tercer eje 3. A partir de este punto, así, la descripción se debe aplicar completamente respecto a las figuras 1 a 5.

45 Por otra parte, es posible realizar el suministro de la fibra concéntricamente respecto al tercer eje 3, de forma que la salida de rayo esté orientada perpendicularmente respecto al espejo 18II dispuesto en el punto de corte del tercer eje 3 con el cuarto eje 4.

Detrás de la conexión de fibra o de la clavija de fibra está dispuesta también una óptica de colimación o un módulo de colimación que forma el rayo láser 12 puro en el diámetro necesario de rayo puro.

50 A partir del espejo 18III dispuesto en el punto de corte del tercer eje 3 con el cuarto eje 4 se emplea la guía de rayo según la descripción respecto a las figuras 1 a 5, suprimiéndose en este caso, sin embargo, el primer espejo 18I. Esto significa que en este caso solo se necesitan tres o cinco espejos.

Junto con el empleo en los robots de brazo articulado 10 y 10' descritos anteriormente, esta solución es posible también en otras cinemáticas, por ejemplo, un robot de pórtico de 5 o 6 ejes. Tal robot de pórtico consta de tres ejes

lineales que están dispuestos respectivamente en ángulo recto unos respecto a otros. En el eje vertical está montado, de acuerdo con la realización, un módulo con dos o tres ejes de mano adicionales. Este módulo es el brazo inferior completo del robot de brazo articulado ya descrito. Esto no está mostrado en las figuras.

5 En este robot de brazo articulado la fibra es guiada hacia el exterior hasta el punto de conexión en el brazo superior, lateralmente en el brazo pivotante, suspendida libremente o apoyada por balancines o cables de tracción cargados por resorte respecto al robot de brazo articulado.

En el robot de pórtico la fibra puede tenderse sin torsión en los tres ejes básicos o ejes lineales en cadenas de energía con radios de flexión suficientes. Un suministro suspendido libremente, como en un robot de brazo articulado, también es posible. Esto tampoco está mostrado en las figuras.

10 Esto presenta las siguientes ventajas. Las fibras empleadas para la guía de rayo son muy sensibles, especialmente a carga por torsión. Además los radios de flexión adicionales no se pueden quedar por debajo. En los ejemplos de realización descritos, la fibra no se carga por torsión. En este caso se alcanzan tiempos de permanencia muy altos de la fibra. En sistemas convencionales, el suministro de rayo se efectúa directamente en la óptica de tratamiento. La fibra se suministra lateralmente y el tamaño del módulo de colimación, de la clavija de fibra y del radio de flexión
15 grande dan como resultado grandes contornos de interferencia. En la solución descrita anteriormente no hay accesorios adicionales en los ejes de mano. La movilidad y la accesibilidad del robot se conservan completamente.

En sistemas convencionales, por el suministro de rayo se produce, a causa de las masas y las inercias adicionales, una influencia dinámica de los ejes de robots que repercute negativamente en la precisión de vía. Estos efectos no aparecen en la radiación integrada descrita anteriormente.

20 No obstante, también es posible una guía de rayo con cuatro espejos. En lugar del empleo de una guía de espejo, como se ha descrito anteriormente en referencia a las figuras 1 a 5, para todos los ejemplos de realización es posible guiar el rayo láser 12 puro mediante el empleo de un elemento óptico prismático K o prisma de desviación de rayo sobre una superficie de recubrimiento cónica respecto al tercer espejo 18III. El elemento óptico prismático K está montado en el cuarto eje 4 de forma que rota conjuntamente con él. El rayo láser 12 es guiado desde el
25 segundo espejo 18II concéntricamente respecto al cuarto eje 4. Mediante el elemento prismático K el rayo láser 12 es transmitido, en un ángulo definido por el ángulo del elemento óptico K, al tercer espejo 18III. A este respecto se puede efectuar un ajuste de rayo mediante el desplazamiento o la rotación del elemento K. Esto se puede deducir, de forma especialmente clara, de la figura 11.

Referencias

30	1	Primer eje
	2	Segundo eje
	3	Tercer eje
	4	Cuarto eje
	5	Quinto eje
35	6	Sexto eje
	7	Accionamiento para sexto eje
	7a	Árbol de accionamiento
	7b	Engranaje de rueda cónica
	7c	Brida de accionamiento
40	7d	Árbol de accionamiento
	8	Carcasa para cuarto eje
	9	Otro accionamiento
	9a	Otro árbol de accionamiento
	9b	Otro engranaje de rueda cónica
45	9c	Brida pivotante
	10	Robot de brazo articulado
	12	Rayo láser
	14	Equipo láser
	18I	Primer espejo
50	18II	Segundo espejo
	18III	Tercer espejo
	18IV	Cuarto espejo
	18V	Quinto espejo
	18VI	Sexto espejo
55	20I	Primer espejo
	20II	Segundo espejo
	20III	Tercer espejo
	20IV	Cuarto espejo
	24	Mano de robot
60	26	Guía de espejo

α	Ángulo
K	Elemento óptico, prisma de desviación de rayo

REIVINDICACIONES

1. Robot de brazo articulado (10) para el tratamiento de piezas de trabajo mediante rayos láser (12), con al menos un primer hasta un quinto ejes (1, 2, 3, 4, 5) y con un equipo láser (14), **caracterizado porque** el equipo láser (14) está dispuesto en el segundo eje (2) y los rayos láser (12) que se pueden generar con él se pueden dirigir, antes de actuar sobre la pieza de trabajo, en esencia dentro del tercer al quinto ejes (3, 4, 5), y porque en una cabeza de robot (24) está dispuesto un sexto eje (6) que discurre transversalmente respecto al quinto eje (5).
2. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** un accionamiento (7) para el sexto eje (6) está dispuesto en una carcasa (8) para el cuarto eje (4).
3. Robot de brazo articulado de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** en una o en la carcasa (8) para el cuarto eje (4) está dispuesto otro accionamiento (9) para el quinto eje (5).
4. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el accionamiento (7) para el sexto eje (6) y el otro accionamiento (9) para el quinto eje (5) están dispuestos en la carcasa (8) de tal forma que el primero (7a) y el segundo árboles de accionamiento (9a) de ambos accionamientos (7, 9) señalen paralelamente respecto al cuarto eje (4) en la dirección de la mano de robot (24).
5. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** los árboles de accionamiento (7a, 9a) accionan engranajes de rueda cónica (7b, 9b) correspondientes.
6. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** en el estado de funcionamiento el rayo láser puro discurre en esencia lateralmente a lo largo de la estructura de brazo entre el segundo y el tercer ejes (2, 3) y se cruza en esencia perpendicularmente con el tercer eje (3).
7. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 6, **caracterizado porque** el tercer eje (3) está realizado como árbol hueco (16) que se puede accionar.
8. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** en el estado de funcionamiento los rayos láser (12) pueden ser guiados por medio de un sistema de guía de rayo (22) que presenta varios espejos (18I-VI, 20I-IV) a la pieza de trabajo y porque este sistema de guía de espejo (22) está dispuesto dentro del tercer al quinto ejes (3, 4, 5).
9. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado porque** los espejos (16I-VI, 20I-IV) están dispuestos de tal forma que en el estado de funcionamiento los rayos láser (12) en la zona del quinto eje (5) o de la mano de robot (24) chocan con el quinto eje (5) desplazados del cuarto eje (4) y a continuación son proyectados sobre la pieza de trabajo por medio de espejos (18V, VI; 20III, IV).
10. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** los rayos láser (12) pueden ser guiados por medio de espejos (18I-VI).
11. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque** un primer espejo (18I) está dispuesto de forma que proyecta el rayo láser puro del equipo láser (14) en esencia concéntricamente respecto al tercer eje (3) sobre un segundo espejo (18II), que proyecta los rayos láser en esencia concéntricamente respecto al cuarto eje (4) sobre un tercer espejo (18III), y porque, para que el quinto eje (5) o la mano de robot (24) que forma parte de él puedan rotar libremente, este tercer espejo (18III) proyecta los rayos láser (12) transversalmente respecto al cuarto eje (4) hacia el exterior sobre un cuarto espejo (18IV), este proyecta los rayos láser (12) de forma aproximadamente paralela respecto al cuarto eje (4) sobre un quinto espejo (18V), que proyecta los rayos láser (12) transversalmente respecto al cuarto eje (4) de nuevo hacia el interior sobre un sexto espejo (18VI) dispuesto en el punto de intersección del cuarto y del quinto ejes (4, 5), espejo desde el cual los rayos láser (12) son proyectados sobre la pieza de trabajo.
12. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** los rayos láser (12) pueden ser guiados por medio de cuatro espejos (20I-IV) a la pieza de trabajo.
13. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** un primer espejo (20I) está dispuesto de forma que proyecta el rayo láser puro del equipo láser (14) en esencia concéntricamente respecto al tercer eje (3) y perpendicularmente respecto al cuarto eje (4) sobre un segundo espejo (20II) que está alojado en una guía de espejo (26) y guía los rayos láser (12) rotando el cuarto eje (4) sobre una superficie de recubrimiento cónica definida respecto al tercer espejo (20III), que a su vez se mueve con una rotación del cuarto eje (4) sobre una vía circular y guía los rayos láser (12) a un cuarto espejo (20IV), el cual proyecta los rayos láser (12) sobre la pieza de trabajo.
14. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** la guía de espejo (26) consta de un cuerpo base, un alojamiento de espejo, un acoplamiento mecánico y un elemento de unión, estando el cuerpo base de la guía de espejo (26) alojada rotatoriamente en torno al tercer eje (3).
15. Robot de brazo articulado de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, **caracterizado porque** el movimiento en

forma de vía circular del tercer espejo (20III) se puede transmitir mediante un elemento de unión a la guía de espejo (26).

16. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado porque** el elemento de unión está guiado de forma restringida mecánicamente o se mueve mediante agentes accionados con energía externa.

5 17. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado porque** el elemento de unión mecánico es un tubo protector situado en el eje de unión de ambos espejos (20II, 20III).

10 18. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 17 a 17, **caracterizado porque** el elemento de unión está unido, por un lado, al cuerpo base de la guía de espejo (26) por medio de una articulación cuyo eje va perpendicularmente respecto al eje de rotación del cuerpo base y al mismo tiempo a través del punto de intersección del tercer y del cuarto ejes (3, 4), y está unido, por el otro lado, a la mano de robot (24).

19. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 a 18, **caracterizado porque** el acoplamiento mecánico une el elemento de unión al alojamiento de espejo y presenta la estructura de un engranaje planetario.

15 20. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado porque** un engranaje solar del engranaje planetario está unido fijamente al elemento de unión y un segundo engranaje solar está unido fijamente al alojamiento de espejo, estando dos engranajes planetarios, unidos fijamente uno con otro por el mismo eje, conectados de forma rotatoria al cuerpo base.

20 21. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 20, **caracterizado porque** el ángulo entre la superficie de espejo del segundo espejo (20II) y el cuarto eje (4) en el plano de intersección se puede calcular del siguiente modo:

$$\alpha_2 = 45^\circ \pm \arctan a_3/a_2 * 0,5,$$

significando a_2 la distancia entre el segundo y el tercer espejo (20II, 20III) y a_3 la distancia entre el tercer y el cuarto espejo (20III, 20IV) de uno a otro y dependiendo el signo algebraico de la ubicación del cuarto eje (4) en el espacio.

25 22. Robot de brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 12 a la 21, **caracterizado porque** el ángulo entre la superficie de espacio del tercer espejo (20III) y del quinto eje (5) en el plano de corte se puede calcular del siguiente modo:

$$\alpha_{3A} = 45^\circ - \arctan a_3/a_2 * 0,5,$$

significando a_2 la distancia de uno a otro entre el segundo y el tercer espejos (20II, 20III) y a_3 la distancia entre el tercer y el cuarto espejos (20III, 20IV), y el signo depende de la posición del cuarto eje (4) en el espacio.

30 23. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 22, **caracterizado porque** el espacio interior de toda la guía de rayo está hermetizado respecto a la técnica de accionamiento de los ejes (1, 2, 3, 4, 5).

24. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 23, **caracterizado porque** el equipo láser (14) está configurado de forma que se puede ajustar.

35 25. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 24, **caracterizado porque** la longitud del cuarto eje (4) se puede elegir previamente de forma adecuada.

26. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 25, **caracterizado porque** existe un suministro de gas de proceso diseñado discrecionalmente.

27. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 26, **caracterizado porque** el equipo láser (14) se puede elegir libremente en relación con el tipo de producción de rayos láser.

40 28. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 27, **caracterizado porque** la guía de rayo se efectúa por medio de láser guiado por fibra.

29. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 28, **caracterizado porque** la guía de rayo se efectúa por medio de cuatro espejos (18I-IV), así como un elemento óptico (K).

45 30. Robot de brazo articulado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 29, **caracterizado porque** el elemento óptico es un prisma de desviación de rayo (K).

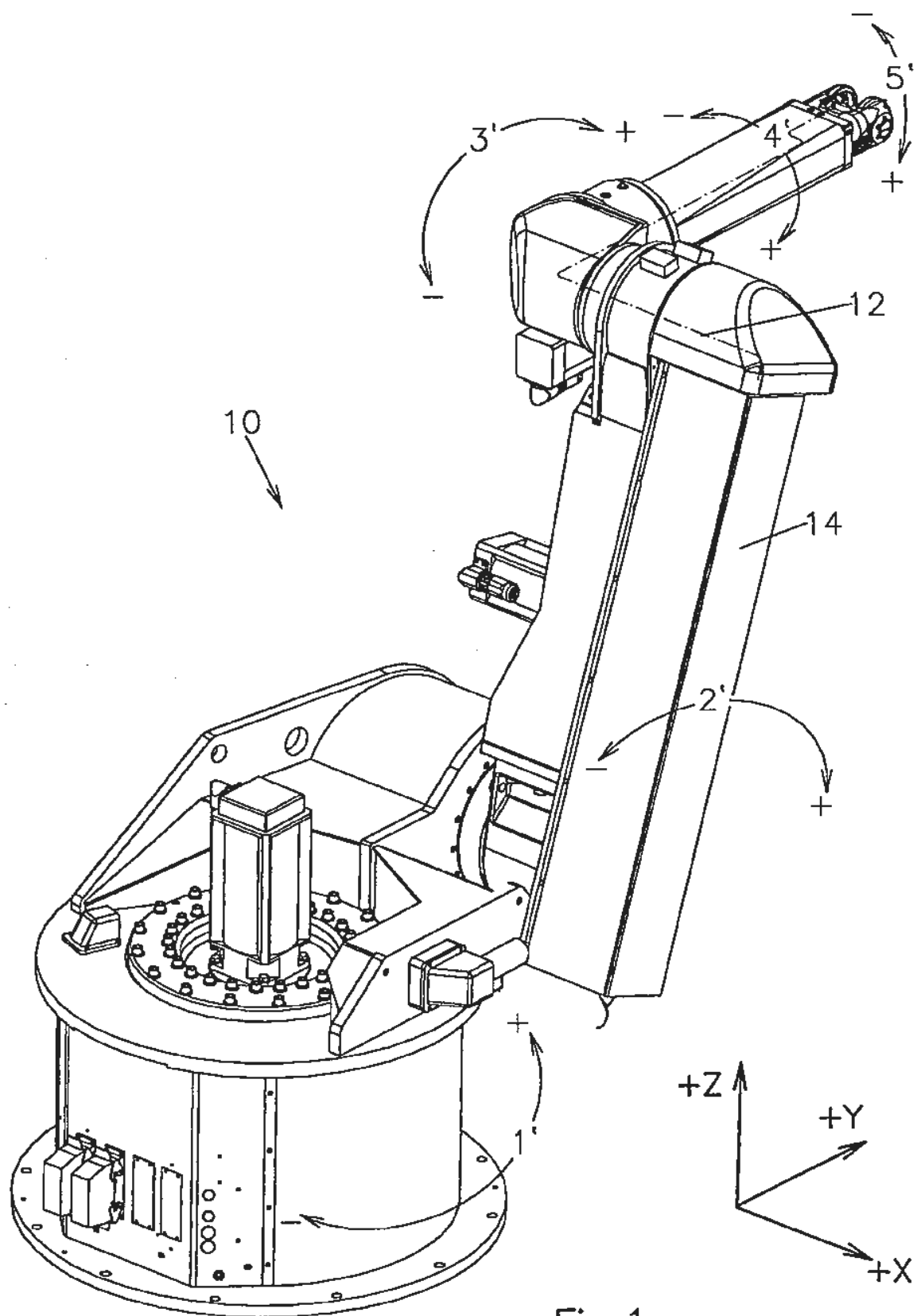
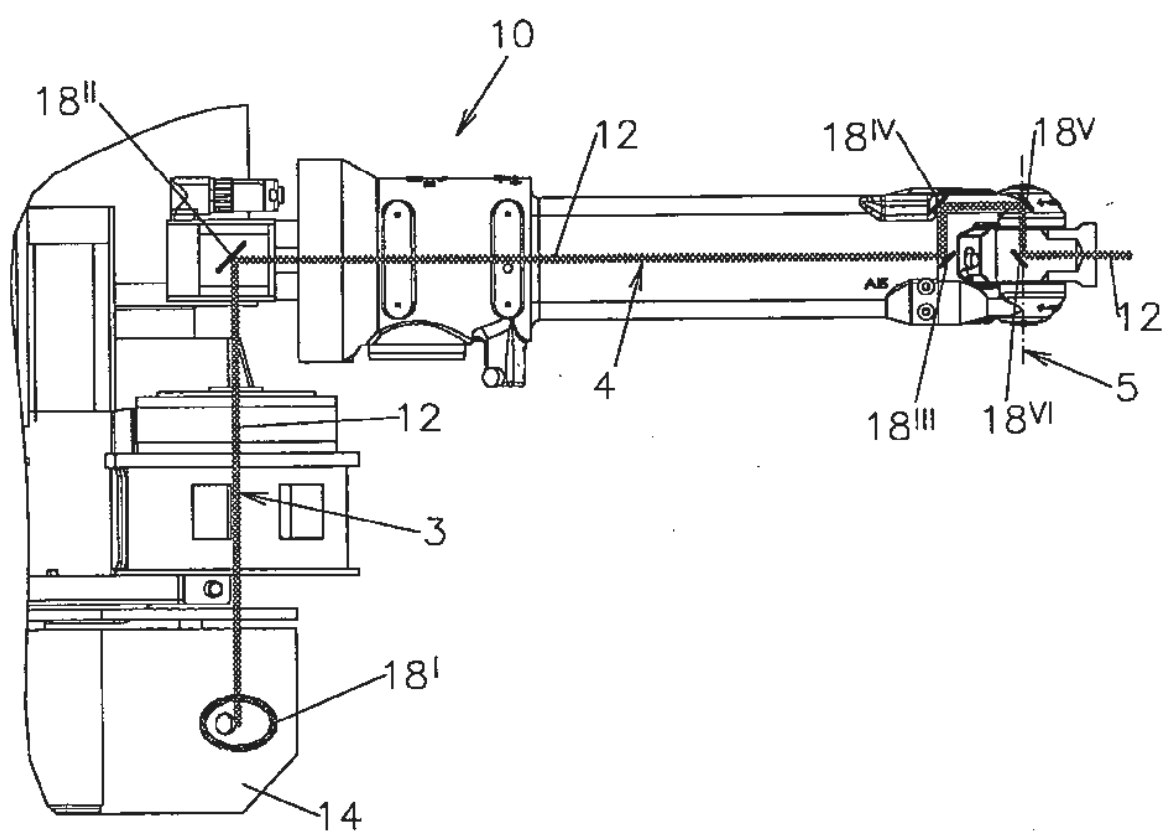
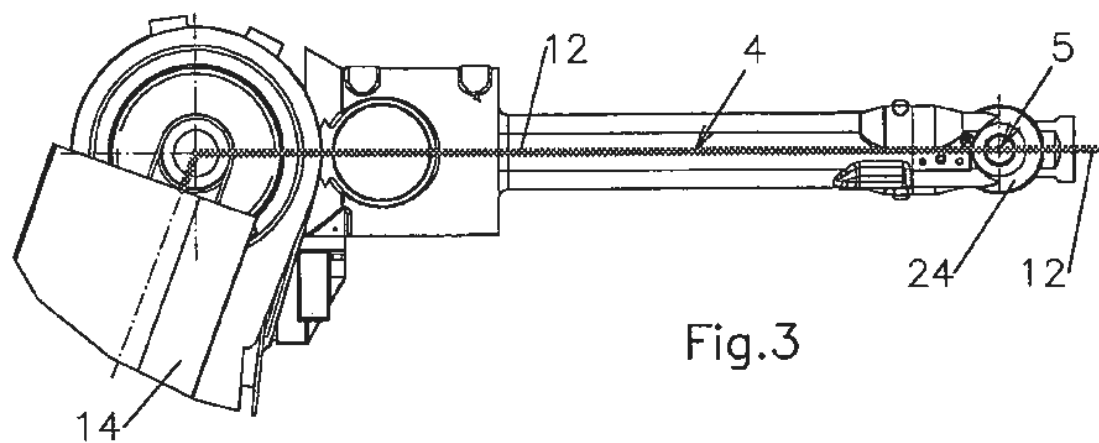


Fig.1



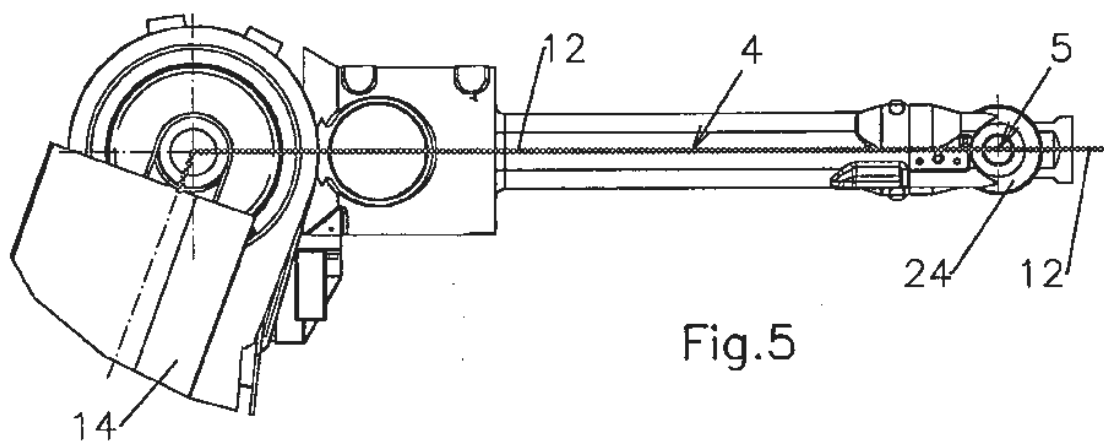


Fig.5

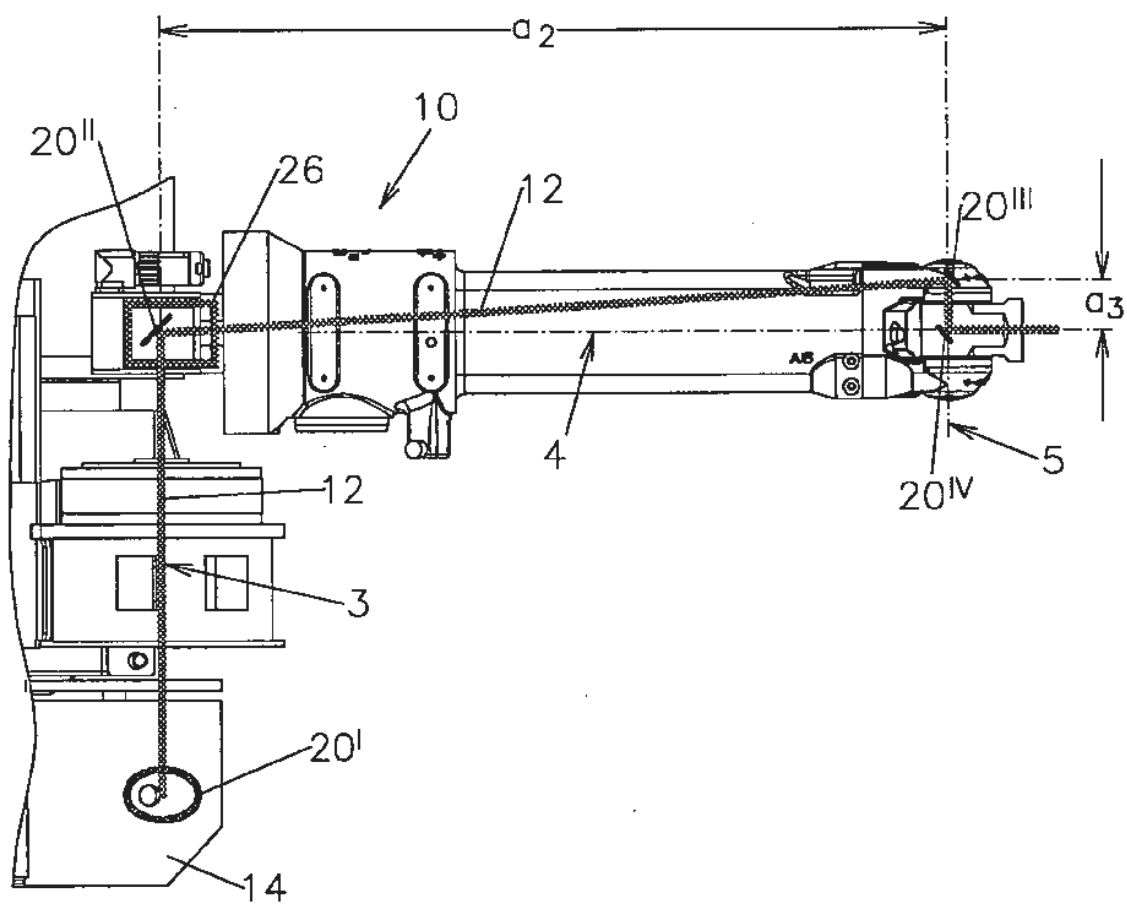


Fig.4

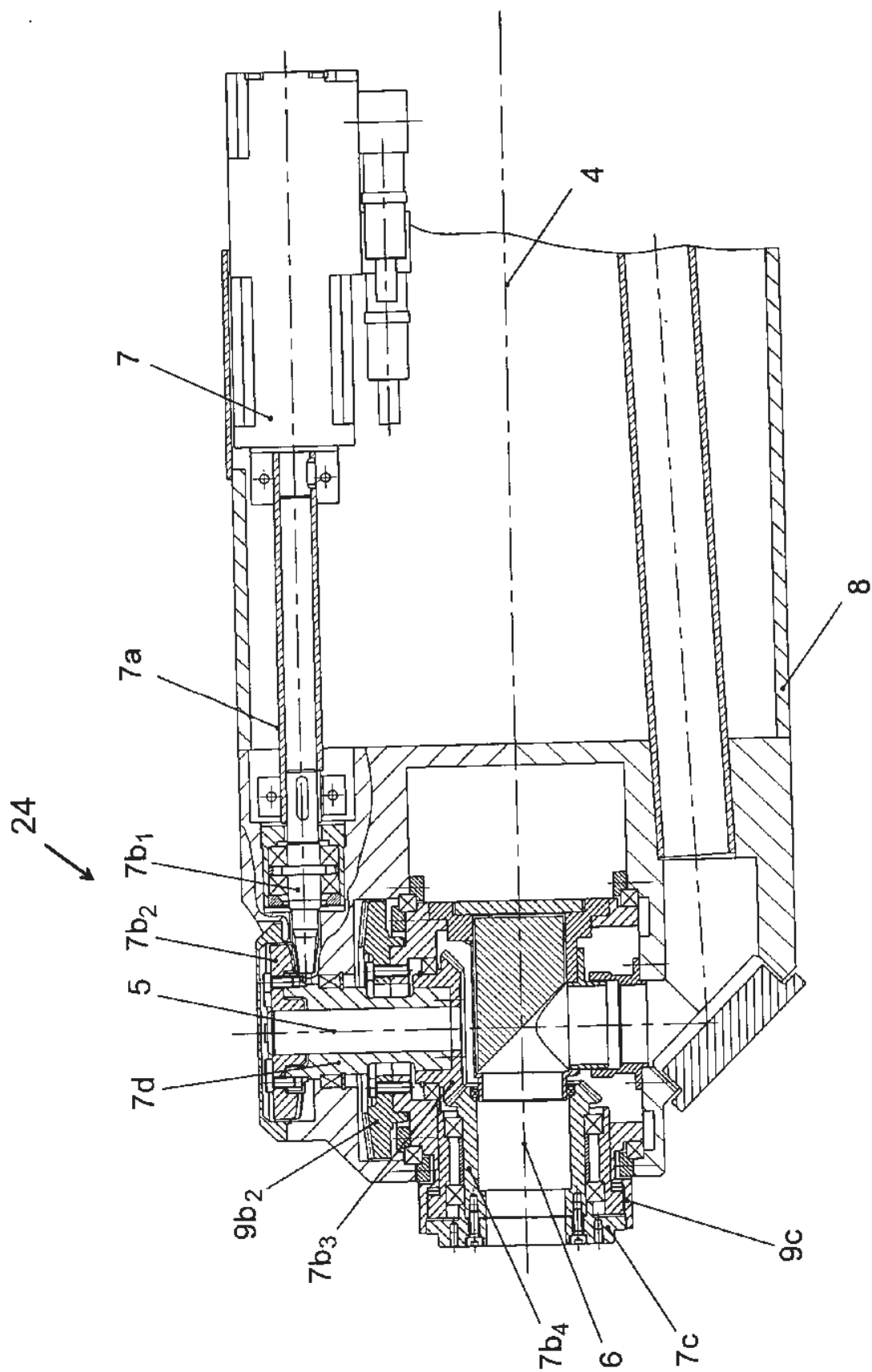


Fig. 6

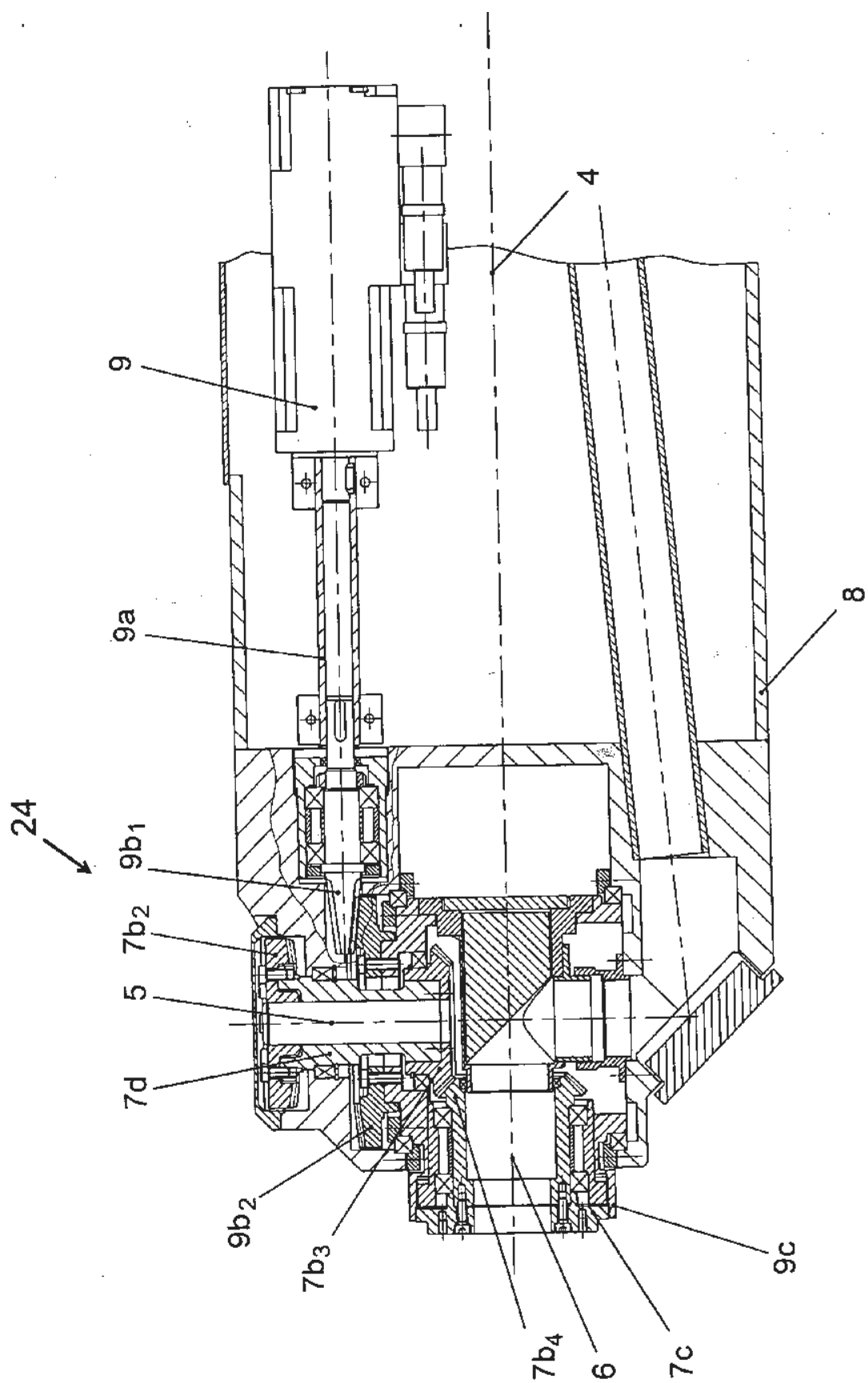


Fig. 7

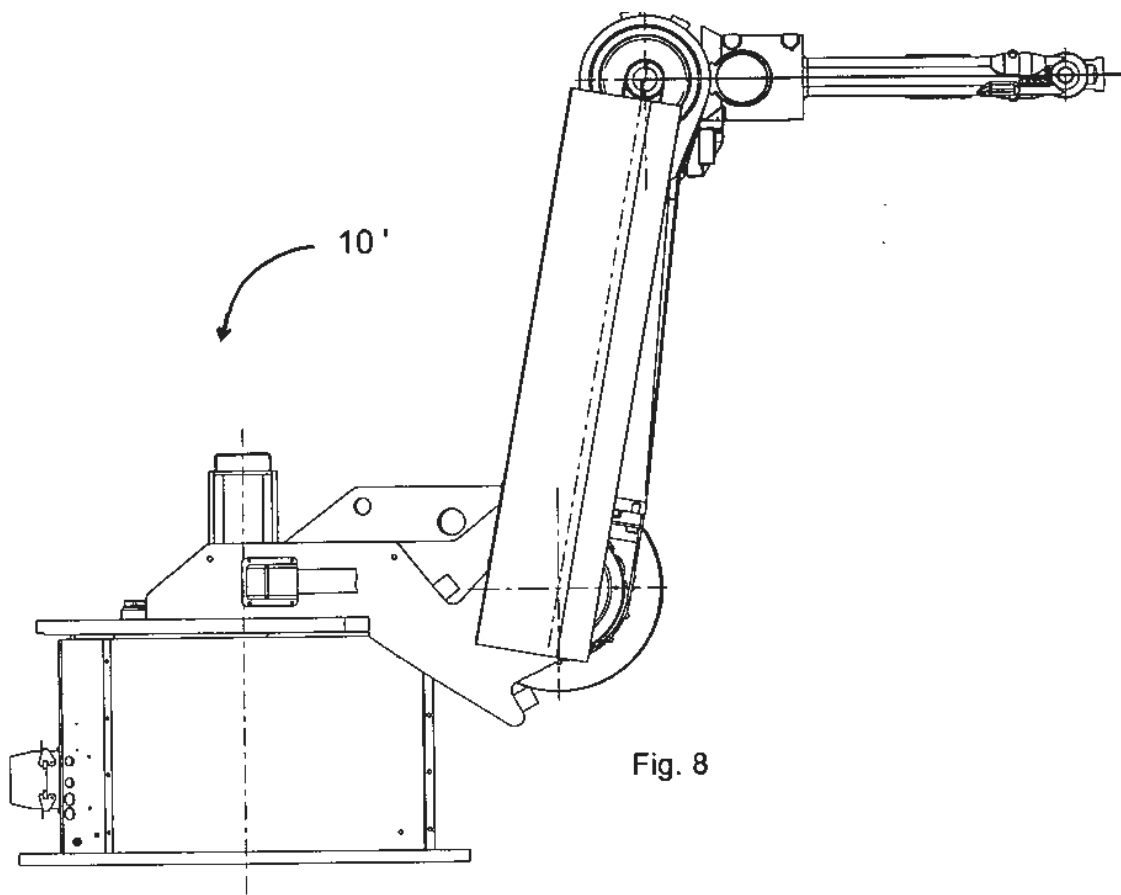


Fig. 8

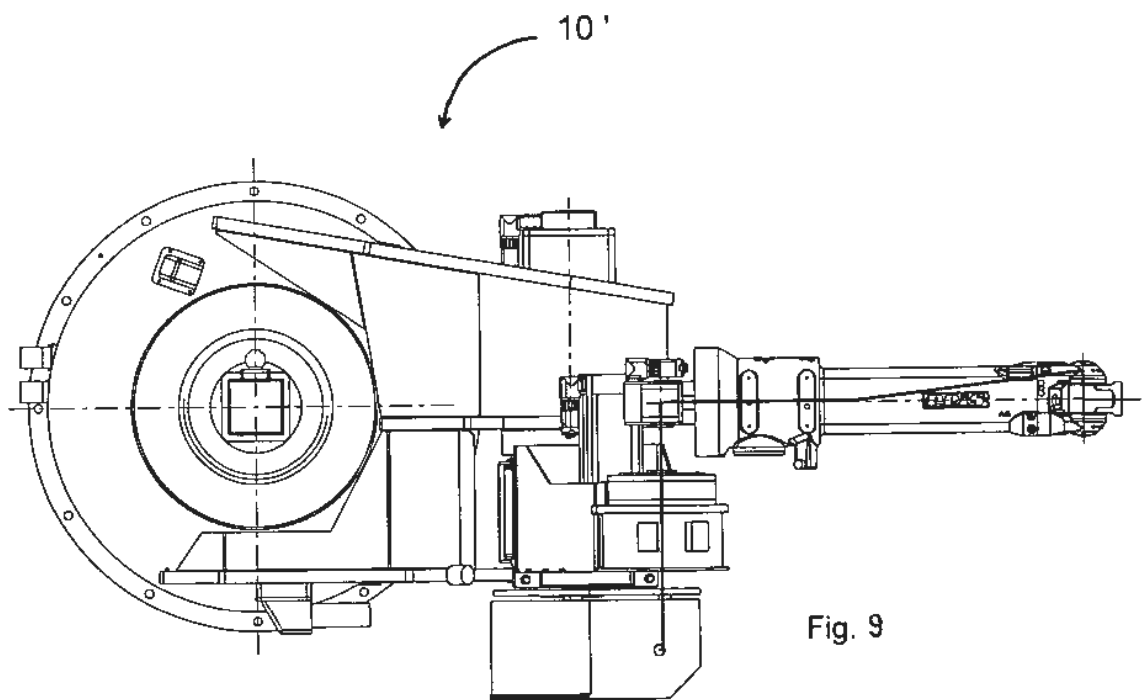


Fig. 9

Plano de corte B

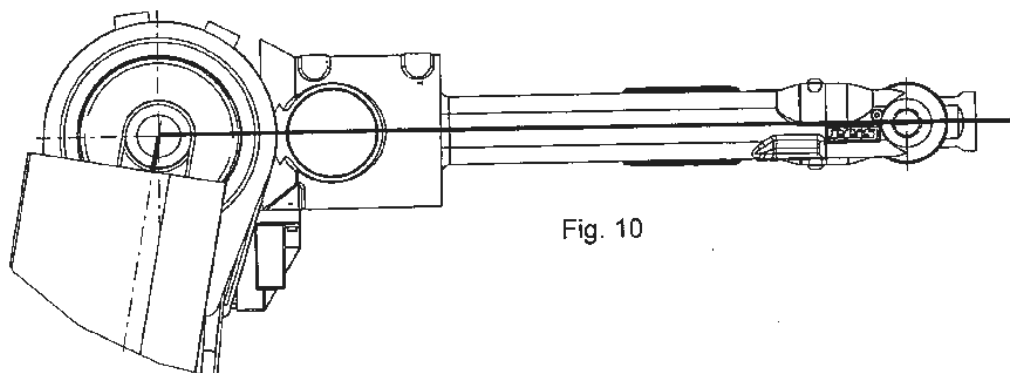


Fig. 10

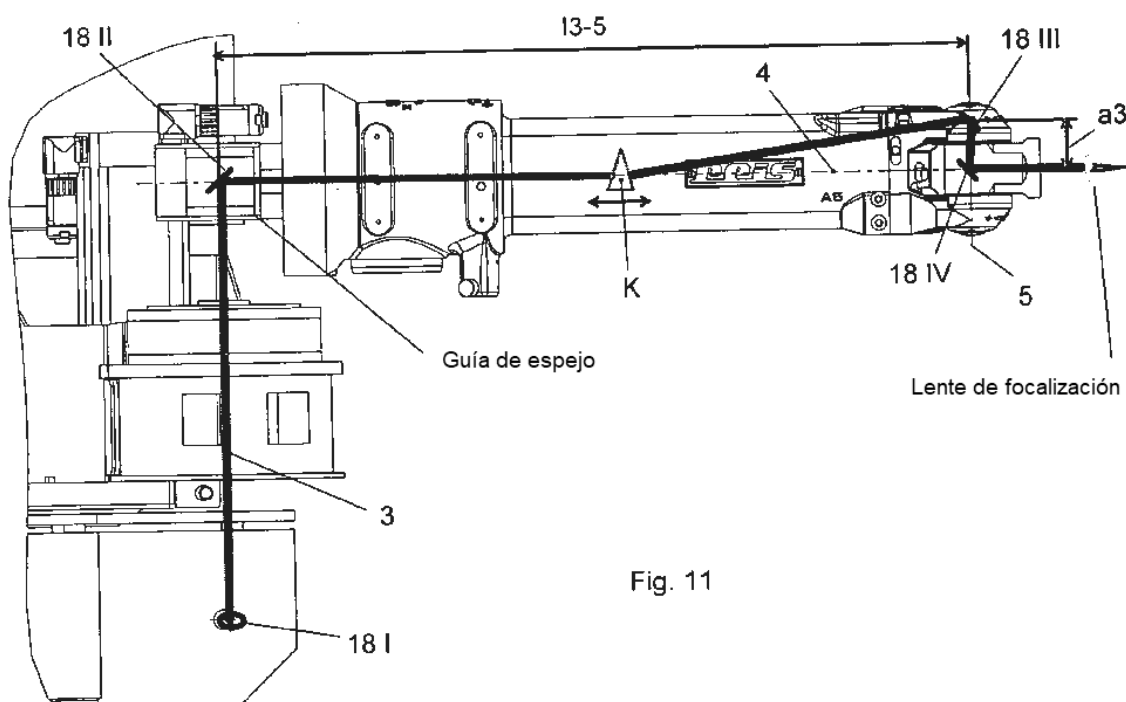


Fig. 11