



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 61 592 B3** 2004.10.28

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 61 592.6**
(22) Anmeldetag: **24.12.2002**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.10.2004**

(51) Int Cl.7: **B23K 26/10**
B25J 17/02, B23K 26/02, G02B 26/08

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
**Reis GmbH & Co. Maschinenfabrik, 63785
Oberburg, DE**

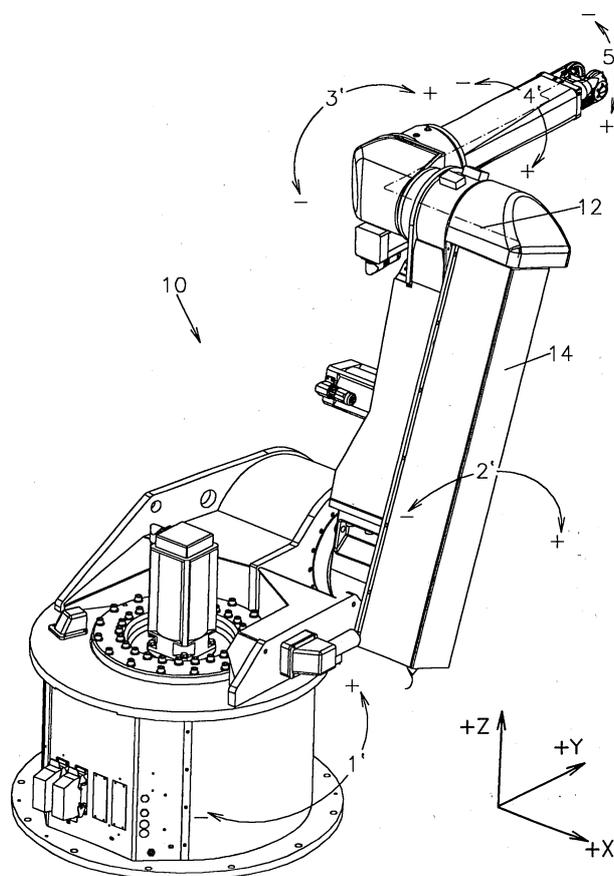
(74) Vertreter:
**Patentanwälte Dr. Sturies Eichler Füssel, 42289
Wuppertal**

(72) Erfinder:
**Fischer, Axel, 63785 Oberburg, DE; Kroth,
Eberhard, Dr., 63785 Oberburg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 101 61 175 A1
DE 43 35 367 A1
DE 33 43 888 A1
US 45 63 567
EP 09 01 875 A1

(54) Bezeichnung: **Knickarmroboter**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Knickarmroboter (10) für die Bearbeitung von Werkstücken mittels Laserstrahlung (12) beschrieben, der mindestens erste bis fünfte Achsen (1, 2, 3, 4, 5) und eine Lasereinrichtung (14) aufweist. Dabei ist die Lasereinrichtung (14) an der zweiten Achse (2) angeordnet und die damit erzeugbaren Laserstrahlen (12) sind vor ihrem Auftreffen auf das Werkstück im wesentlichen innerhalb der dritten bis fünften Achsen (3, 4, 5) führbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Knickarmroboter für die Bearbeitung von Werkstücken mittels Laserstrahlung, mit mindestens erste bis fünfte Achsen und mit einer Lasereinrichtung.

Stand der Technik

[0002] Ein Knickarmroboter mit den vorgenannten Merkmalen ist beispielsweise aus der EP 0 901 875 bekannt. Dieser bekannte Knickarmroboter ist dabei so ausgestaltet, daß er in allen Richtungen des kartesischen Koordinatensystems erforderliche Bewegungen im Rahmen der Reichweiten seiner ersten bis fünften Achsen durchführen kann. Die Numerierung dieser fünf Achsen ist für Knickarmroboter allgemein bekannt und werden angefangen von der am Fundament bzw. am Boden angeordneten senkrechten ersten Achse aufsteigend bis zur Roboterhand durchnummeriert. Es wird darauf hingewiesen, daß, wie in Fachkreisen üblich, der Begriff Achse nicht ausschließlich die Schwenkachse, sondern auch die um die Schwenkachse bewegten Bauteile, z.B. Arme bezeichnet.

[0003] Üblicherweise enthält bei derartigen bekannten Knickarmrobotern die dritte Achse die Lasereinrichtung zur Erzeugung von Laserstrahlen, mit denen die Werkstücke zu bearbeiten sind.

[0004] Dies wird allerdings, gerade im Hinblick auf schnellere Arbeitsbewegungen als besonders hinderlich angesehen, da diese Lasereinrichtung doch erheblich zu dem Gewicht beiträgt, das zusammen mit der dritten Achse bewegt werden muß. Dadurch entstehen einerseits Grenzen bezüglich der Laserleistungen, da Laser mit höheren Leistungen aufgrund ihres größeren Gewichts nicht mehr einsetzbar sind, und andererseits kann die Taktzeit bzw. die Bewegung der einzelnen Achsen, insbesondere der ersten bis dritten Achse nicht mehr beschleunigt werden, da dies einerseits zu Ungenauigkeiten bei den Bewegungsabläufen führt und andererseits einen unangemessen hohen technischen und somit auch kostenmäßigen Aufwand bedeutet.

Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Knickarmroboter der eingangs genannten Art anzugeben, der mit technisch einfachen Mitteln sowohl eine Leistungssteigerung bezüglich der Laserleistung und auch des Ausstoßes ermöglicht und gleichzeitig die Herstellungskosten reduziert.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einem Knickarmroboter der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Lasereinrichtung an der

zweiten Achse angeordnet und die damit erzeugten Laserstrahlen vor ihrem Auftreffen auf das Werkstück innerhalb der dritten bis fünften Achsen geführt sind.

[0007] Für die Erfindung ist es von besonderer Bedeutung, daß die Lasereinrichtung nunmehr an der zweiten Achse angeordnet ist. Dadurch kann die Bewegung der Bearbeitungsoptik mit einer wesentlich höheren Dynamik erfolgen. Da die Strahlenführungsvorrichtungen auch noch im wesentlichen im Inneren der dritten bis fünften Achsen angeordnet ist, können diese auch noch besser vor Außeneinflüssen geschützt werden. Dadurch ist auch eine günstigere Massenverteilung gegeben, da nunmehr die dritte Achse verglichen mit bekannten Knickarmrobotern wesentlich leichter ist. Des Weiteren wird dadurch die Einhaltung von Randbedingungen für den Lasereinsatz in Verbindung mit Robotern wesentlich unkritischer, da die Baugröße und das Gewicht des Lasers eine untergeordnete Rolle spielen. Des Weiteren wird der Laser wesentlich geringeren Beschleunigungen und Geschwindigkeiten ausgesetzt, so daß dadurch auch noch eine höhere Lebensdauer für den Laser selbst resultiert.

[0008] Außerdem können durch die vorteilhafte Anbringung des Lasers an der zweiten Achse nunmehr auch Laser größerer Leistung und somit höheren Gewichts verwandt werden. Ferner können aufgrund des erfindungsgemäßen Anordnens der Lasereinrichtung Laser unterschiedlicher Hersteller aber auch einfach Laser unterschiedlicher Arten eingesetzt werden. Da die Lasereinrichtung nicht mehr auf der dritten Achse angeordnet ist, ergeben sich bei der Bearbeitung wesentlich kleinere Störkonturen, die naturbedingt einen flexibleren Einsatz ermöglichen. Dies erleichtert auch 3-D-Bearbeitungen besonders ausgebildeter Werkstücke. Zudem ist es auch noch möglich, den Antrieb der dritten Achse bzw. den Arm wesentlich schlanker und auch noch mit kleineren Massen auszuliegen. Dies erhöht wiederum die Genauigkeit der Bewegungen und trägt auch noch zu einer Erhöhung der Bewegungsgeschwindigkeiten bei.

[0009] Es sind mehrere Möglichkeiten gegeben, um den sogenannten Laser-Rohstrahl in das Achsensystem einzuleiten. Vorteilhaft ist es aber, wenn im Betriebszustand der Laser-Rohstrahl im wesentlichen seitlich entlang der Armstruktur zwischen der zweiten und der dritten Achse verläuft und im wesentlichen senkrecht auf die dritte Achse trifft.

[0010] Dabei ist es dann noch von besonderem Vorteil, wenn die dritte Achse als antreibbare Hohlwelle ausgeführt ist.

[0011] Besonders unabhängig von der Laserleistung ist man dann, wenn im Betriebszustand die Laserstrahlen über ein mehrere Spiegel aufweisendes Strahlführungssystem auf das Werkstück leitbar sind

und daß dieses Strahlführungssystem innerhalb der dritten bis fünften Achse angeordnet ist.

[0012] Dazu sieht eine weitere Ausgestaltung der Erfindung es vor, daß die Spiegel derart angeordnet sind, daß im Betriebszustand die Laserstrahlen im Bereich der fünften Achse von der vierten Achse versetzt auf die fünfte Achse auftreffen und anschließend über Spiegel auf das Werkstück geworfen werden.

[0013] Dies ist einerseits möglich, wenn die Laserstrahlen über Spiegel leitbar sind.

[0014] Eine besonders sichere Anordnung ist dabei dann gegeben, wenn ein erster Spiegel so angeordnet ist, daß er den Laser-Rohstrahl der Lasereinrichtung im wesentlichen konzentrisch zur dritten Achse auf einen zweiten Spiegel wirft, der die Laserstrahlen im wesentlichen konzentrisch zur vierten Achse auf einen dritten Spiegel wirft und daß zur freien Drehbarkeit der fünften Achse dieser dritte Spiegel die Laserstrahlen quer zur vierten Achse nach außen auf einen vierten Spiegel wirft, dieser die Laserstrahlen in etwa parallel zur vierten Achse auf einen fünften Spiegel wirft, der die Laserstrahlen quer zur vierten Achse wieder nach innen auf einen im Schnittpunkt der vierten und fünften Achse angeordneten sechsten Spiegel wirft, von wo aus die Laserstrahlen auf das Werkstück geworfen werden.

[0015] Um die Justieraufgaben bezüglich der Spiegel noch weiter zu reduzieren, ist es vorteilhaft, wenn die Laserstrahlen über vier Spiegel auf das Werkstück leitbar sind.

[0016] Eine derartige Anordnung ist dann besonders vorteilhaft, wenn ein erster Spiegel, der so angeordnet ist, daß er den Laser-Rohstrahl der Lasereinrichtung im wesentlichen konzentrisch zur dritten Achse auf einen zweiten Spiegel wirft, der in einer Spiegelführung aufgenommen ist und die Laserstrahlen bei Drehung der vierten Achse auf einer Kegelhüllfläche definiert zum dritten Spiegel leitet, der sich wiederum bei einer Drehung der vierten Achse auf einer Kreisbahn bewegt und die Laserstrahlen auf einen vierten Spiegel leitet, welcher die Laserstrahlen auf das Werkstück wirft.

[0017] Es sind eine Vielzahl von Spiegelführungen denkbar. Vorteilhaft ist es aber, wenn die Spiegelführung aus einem Grundkörper, einer Spiegelaufnahme, einem Koppelgetriebe und einem Verbindungselement besteht, wobei der Grundkörper der Spiegelführung um die dritte Achse drehbar gelagert ist.

[0018] Dabei ist gemäß einer besonders einfachen Ausführungsform es vorgesehen, daß die kreisbahnförmige Bewegung des dritten Spiegels mittels eines Verbindungselements auf die Spiegelführung über-

tragbar ist.

[0019] Wesentlich ist es möglich, daß das Verbindungselement Bewegungen mechanisch zwangsgeführt ist oder durch mit Fremdenergie betriebenen Aktoren bewegt wird. Falls eine mechanische Bewegungsübertragung gewählt wird, ist es vorteilhaft, wenn das mechanische Verbindungselement ein in der Verbindungsachse beider Spiegel liegendes Schutzrohr ist.

[0020] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, daß das Verbindungselement auf der einen Seite mit dem Grundkörper der Spiegelführung über ein Gelenk verbunden ist, dessen Achse senkrecht zur Drehachse des Grundkörpers und gleichzeitig durch den Schnittpunkt der dritten und vierten Achsen geht, und auf der anderen Seite mit der Roboterhand verbunden ist.

[0021] Es ist eine Vielzahl von Koppelgetrieben allgemeinsten Art denkbar. Vorteilhaft ist es aber, wenn das Koppelgetriebe das Verbindungselement mit der Spiegelaufnahme verbindet und den Aufbau eines Planetengetriebes aufweist.

[0022] Dabei kann es vorgesehen werden, daß das Sonnenrad des Planetengetriebes fest mit dem Grundkörper verbunden ist und das Hohlrad fest mit dem Verbindungselement verbunden ist, wobei mindestens ein Planetenrad drehbar an der Spiegelaufnahme angeschlossen ist.

[0023] Für die Übertragung der Einzelbewegung der einzelnen Spiegel ist es vorteilhaft, wenn der Winkel zwischen der Spiegelfläche des zweiten Spiegels und der vierten Achse in der Schnittebene wie folgt ermittelbar ist:

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

wobei a_2 der Abstand zwischen dem zweiten und dritten Spiegel und a_3 der Abstand zwischen dem dritten und vierten Spiegel voneinander bedeuten und das Vorzeichen von der Lage der vierten Achse im Raum abhängt.

[0024] Zur weiteren Vereinfachung ist es dabei vorteilhaft, wenn der Winkel zwischen der Spiegelfläche des dritten Spiegels und der fünften Achse in der Schnittebene wie folgt ermittelbar ist:

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

wobei a_2 der Abstand zwischen dem zweiten und dritten Spiegel und a_3 der Abstand zwischen dem dritten und vierten Spiegel voneinander bedeuten.

[0025] Da die einzelnen Spiegel bezüglich ihrer Übertragungsfähigkeit sehr schmutzempfindlich sind,

ist es vorteilhaft, wenn der Innenraum der gesamten Strahlführung gegenüber der Antriebstechnik der Achsen abgedichtet ist.

[0026] Um eventuell bei der Herstellung der Einzelteile auftretende Toleranzen ausgleichen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Lasereinrichtung justierbar ausgestaltet ist.

[0027] Aufgrund der erfindungsgemäßen Spiegelführung ist es möglich, daß die Länge der vierten Achse geeignet vorwählbar ist.

[0028] Insbesondere bei der Bearbeitung von Kunststoff ist es vorteilhaft, wenn eine beliebig gestaltete Prozeßgaszuführung vorhanden ist.

[0029] Selbstverständlich ermöglicht die Erfindung auch den Einsatz unterschiedlicher Laserarten.

Ausführungsbeispiel

[0030] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der folgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele sowie aus den Figuren, auf die Bezug genommen wird. Es zeigen:

[0031] **Fig. 1** eine Perspektivansicht eines Knickarmroboters gemäß einer ersten Ausführungsform, unter anderem zur Darstellung der fünf Achsen;

[0032] **Fig. 2** eine geschnittene Teilansicht des in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiels von oben;

[0033] **Fig. 3** eine geschnittene Teilansicht der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform senkrecht zur Blattebene;

[0034] **Fig. 4** eine teilweise geschnittene Draufsicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel zur Darstellung der Spiegelführung; und

[0035] **Fig. 5** eine teilweise geschnittene Ansicht des Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 4**, gesehen senkrecht zur Blattebene.

[0036] Anhand der **Fig. 1** bis **5** werden nun verschiedene Ausführungsbeispiele eines Knickarmroboters **10** beschrieben. Dabei werden, soweit nichts anderes ausgesagt, für gleiche Begriffe gleiche Bezugszahlen verwandt. Es wird darauf hingewiesen, daß, wie in Fachkreisen üblich, der Begriff Achse nicht ausschließlich die Schwenkachse, sondern auch die um die Schwenkachse bewegten Bauteile, z.B. Arme bezeichnet.

[0037] Der in **Fig. 1** gezeigte Knickarmroboter **10** dient zur Bearbeitung von Werkstücken mittels Laserstrahlung. Ein derartiger Knickarmroboter ist prinzipiell so aufgebaut, wie er in der DE 43 35 367 be-

schrieben wurde. Ein derartiger Knickarmroboter **10** ist so ausgestaltet, daß seine einzelnen Bestandteile in allen Richtungen des kathesischen Koordinatensystems die erforderlichen Bewegungen im Rahmen der Reichweiten seiner Achsen durchführen kann. Dieser Knickarmroboter **10** ist mit ersten bis fünften Achsen **1**, **2**, **3**, **4** und **5** für die 3-D Bearbeitung von Werkstücken ausgebildet. Dabei besitzt jeder der fünf Achsen **1**, **2**, **3**, **4** und **5** einen nicht dargestellten Stellmotor für den entsprechenden Drehantrieb. Diese Stellmotoren können von einer Bahnsteuerung so beaufschlagt werden, daß sie die gewünschten Bewegungen insbesondere Achsbewegungen veranlassen.

[0038] Wie aus **Fig. 1** ersichtlich, ist die erste Achse **1** diejenige, um die sich der gesamte weitere Knickarmroboter **10** um eine senkrechte Achse verdrehen kann. Daran schließt sich die zweite Achse an, die sich im wesentlichen senkrecht zur ersten Achse **1** verdrehen kann. Dabei erfolgt die Drehung dieser zweiten Achse **2** um eine Achse, die nicht die erste Achse **1** schneidet. Am darauf folgenden Ende der zweiten Achse **2** ist eine dritte Achse **3** angeschlossen, die wiederum Drehbewegungen bezüglich dieses Endes der zweiten Achse **2** ermöglicht, wobei allerdings diese Achse **3** parallel zur zweiten Achse **2** liegt. Zur weiteren Erhöhung der Beweglichkeit des Knickarmroboters **10** ist an die dritte Achse wiederum eine vierte Achse **4** angeschlossen, die wiederum auf der dritten Achse **3** senkrecht steht und diese schneidet. Abschließend ist eine fünfte Achse **5** vorhanden, um die eine Roboterhand **24** verschwenkt werden kann. Diese fünfte Achse **5** steht im wesentlichen senkrecht zur vierten Achse **4** und schneidet diese.

[0039] Selbstverständlich weist die Roboterhand **24** die für auf Laserbasis arbeitenden Knickarmroboter **10** notwendige Optik auf.

[0040] Wie sich aus allen Figuren ergibt, ist seitlich entlang der Armstruktur der zweiten Achse **2** und dritten Achse **3** eine Lasereinrichtung **14** angeordnet. Dies ist derart ausgeführt, daß die damit erzeugbaren Laserstrahlen **12** vor ihrem Auftreffen auf das Werkstück im wesentlichen innerhalb der dritten bis fünften Achsen **3**, **4** und **5** führbar sind. Dabei ist die Lasereinrichtung **14** so an der zweiten Achse **2** angeordnet, daß der Laser-Rohstrahl zum Beispiel parallel zum nicht näher bezeichneten Schwenkarm senkrecht auf die dritte Achse **3** trifft.

[0041] Die dritte Achse **3** ist mit einem Hohlwellenantrieb ausgeführt. Durch diese Hohlwelle wird der Laserstrahl **12** durch einen Spiegel **18I** so geleitet, daß er konzentrisch zur Achse **3** und senkrecht auf die vierte Achse **4** trifft. Bei diesem Schnittpunkt ist ein zweiter Spiegel **18II** angeordnet, der die Laserstrahlen **12** im wesentlichen konzentrisch zur vierten Achse **4** auf einen dritten Spiegel **18III** wirft. Zur freien

Drehbarkeit der fünften Achse **5** bzw. der dazugeordneten Roboterhand **24** wirft dieser dritte Spiegel **18III** die Laserstrahlen **12** quer zur vierten Achse **4** nach außen auf einen vierten Spiegel **18IV**. Dieser vierte Spiegel **18IV** wirft wiederum in etwa parallel zur vierten Achse **4** die Laserstrahlen **12** auf einen fünften Spiegel **18V**, der die Laserstrahlen **12** wiederum quer zur vierten Achse **4** wieder nach innen auf einen im Schnittpunkt der vierten Achse **4** und fünften Achse **5** angeordneten sechsten Spiegel **18VI** wirft. Von diesem sechsten Spiegel **18VI** werden die Laserstrahlen **12** auf das Werkstück selbstverständlich nach Durchlaufen entsprechender Optiken geworfen. Diese Lösung des Strahlenganges ist bereits aus EP 0 901 875 bekannt.

[0042] Es ist aber auch möglich, die Strahlführung lediglich mit Hilfe von vier Spiegeln **20I** bis **20IV** durchzuführen. Dies ist in den **Fig. 4** und **5** näher dargestellt.

[0043] Dazu ist ein erster Spiegel **20I**, so angeordnet, daß er den Laser-Rohstrahl der Lasereinrichtung **14** im wesentlichen konzentrisch zur dritten Achse **3** und senkrecht zur vierten Achse **4** auf einen zweiten Spiegel **20II** trifft, der in einer Spiegelführung **26** aufgenommen ist und sich in etwa im Schnittpunkt der dritten und vierten Achse **3** und **4** befindet. Von diesem zweiten Spiegel **20II** werden die Laserstrahlen **12** bei Drehung der vierten Achse **4** auf eine Kegelhüllfläche definiert zu einem dritten Spiegel **20III** geleitet, der auf der fünften Achse **5** innerhalb einer Roboterhand **24** angeordnet ist. Dieser dritte Spiegel **20III** bewegt sich wiederum bei einer Drehung der vierten Achse **4** auf einer Kreisbahn und wirft die Laserstrahlen **12** auf einen vierten Spiegel **20IV**, welche wiederum die Laserstrahlen **12** auf das Werkstück wirft.

[0044] Diese Variante ist also ähnlich wie die Lösung mit sechs Spiegeln mit dem Unterschied, daß der zweite Spiegel **20II** über eine über die Spiegelführung **26** die Laserstrahlen **12** bei Drehung der vierten Achse auf eine Kegelhüllfläche definiert zum dritten Spiegel **20III** leitet.

[0045] Die Spiegelführung **26** besteht aus einem nicht näher bezeichneten Grundkörper, einer nicht näher bezeichneten Spiegelaufnahme sowie einer allgemeinen Übertragung in diesem Fall in Form eines Koppelgetriebes sowie aus einem Verbindungselement. Dadurch ist der Grundkörper der Spiegelführung **26** um die dritte Achse **3** drehbar gelagert. Bei einer Drehung der vierten Achse **4** bewegt sich der dritte Spiegel **20III** auf einem Kreis. Um diese Bewegung auf die Spiegelführung **26** zu übertragen, wird ein mechanisches Verbindungselement, das nicht dargestellt ist, zwischen der Spiegelführung **26** und dem dritten Spiegel **20III** bzw. der Roboterhand **24** eingesetzt. Obwohl nicht dargestellt, kann dieses

Verbindungselement allerdings auch die Bewegung mit Hilfe von Fremdenergie betriebener Aktoren und/oder einer Mischung dieser Übertragungsmöglichkeiten bieten.

[0046] Zum Beispiel kann dieses Verbindungselement ein in der Verbindungsachse der zweiten und dritten Spiegel **20II** und **III** liegendes Schutzrohr sein.

[0047] Das Verbindungselement ist auf der einen Seite mit dem Grundkörper der Spiegelführung **26** über ein Gelenk verbunden, dessen Achse senkrecht zu dessen Drehachse des Grundkörpers und gleichzeitig durch den Schnittpunkt der dritten und vierten Achsen **3** und **4** geht.

[0048] Auf der anderen Seite ist das Verbindungselement mit der Roboterhand **24** verbunden. Bei einer Drehung der vierten Achse **4** wird hierdurch der Grundkörper der Spiegelführung **26** in der Winkellage des Verbindungselementes synchron mitgeführt. Das Verbindungselement selbst kann in der Verbindungsachse der zweiten und dritten Spiegel **20II** und **III** Drehbewegungen der vierten Achse **4** ausgleichen.

[0049] Die Spiegelaufnahme ist in dem Grundkörper in der gleichen Achse wie das Verbindungselement schwenkbar gelagert. In der Spiegelaufnahme wird der zweite Spiegel **20II** über einen Spiegelflansch mit Justageeinrichtung montiert. Damit der Laserstrahl **12** bei Auslenkung des Verbindungselementes um dessen Drehachse im Grundkörper definiert in die Verbindungsachse zwischen dem zweiten und dritten Spiegel **20II** und **III** geführt wird, erfolgt eine Zwangskopplung des Verbindungselementes und der Spiegelaufnahme über ein Koppelgetriebe. Dabei ist zu bemerken, daß auch andere Übertragungsarten möglich sind, in diesem Fall allerdings die Art eines Koppelgetriebes gewählt wurde. Auch für die Auswahl eines Getriebes gibt es verschiedene Möglichkeiten.

[0050] Das gewählte Koppelgetriebe hat den Aufbau eines Planetengetriebes. Das Sonnenrad ist dabei fest mit dem Grundkörper und das Hohlrad dabei fest mit dem Verbindungselement verbunden. Mindestens ein Planetenrad ist drehbar an der Spiegelaufnahme befestigt. Bei einem Verhältnis von 2 der Teilkreisdurchmesser zwischen dem Hohlrad und dem Sonnenrad bewegt sich das Planetenrad bzw. die Planetenräder genau mit halber Winkelgeschwindigkeit des Verbindungselementes. Hierdurch wird der Laserstrahl **12** genau in die Verbindungsachse zwischen den zweiten und dritten Spiegeln **20II** und **III** geführt.

[0051] In der in **Fig. 4** gezeigten Winkelstellung der vierten Achse **4** beträgt der Winkel zwischen der Spiegelfläche des zweiten Spiegels **20II** und der vier-

ten Achse **4** in der Schnittebene

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

[0052] Bei einer Drehung der vierten Achse **4** um 180° stellt sich ein Winkel von

$$\alpha_{21} = 45^\circ - \arctan a_2/a_3 \cdot 0,50$$

ein. Hierbei ist der Winkel senkrecht zur Schnittebene jeweils $\alpha_{22} = 90^\circ$.

[0053] Wird allerdings die vierte Achse **4** aus der gezeigten Stellung um 90° gedreht, so stellt sich über die Spiegelführung **26** in der Schnittebene von $\alpha_{21} = 45^\circ$ ein.

[0054] Der Winkel senkrecht zur Schnittebene beträgt dann je nach Drehrichtung

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

[0055] Der dritte Spiegel **20III** ist starr in der Roboterhand **24** eingebaut. Der Winkel zwischen der Spiegelfläche des dritten Spiegels und der fünften Achse **5** in der Schnittebene beträgt dabei

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

[0056] Der Winkel senkrecht zu dieser Schnittebene beträgt dabei $\alpha_{3B} = 90^\circ$.

[0057] Obwohl nicht näher dargestellt, ist der Innenraum der gesamten Strahlführung gegenüber der Antriebstechnik der Achsen **1** bis **5** abgedichtet, damit die Möglichkeit des Verschmutzens eines der Spiegel so gering wie möglich ist. Besonders vorteilhaft ist, daß der Antrieb der fünften Achse **5** ein im Schwenkarm integrierter mitdrehender Kleinmotor ist.

[0058] Es sind auch aufgrund der besonderen Strahlführung unterschiedliche Armlängen der vierten Achse **4** möglich. Aufgrund des Längenverhältnisses a_3/a_2 ist der Kippwinkel des zweiten Spiegels **20II** relativ klein. Daher eignet sich dieses System für unterschiedliche Armlängen bzw. für unterschiedliche Größen von a_2 , ohne konstruktive Änderungen der Spiegelführung vornehmen zu müssen.

[0059] Grundsätzlich kann die beschriebene Lösung der Spiegelführung auch an anderen Achsen eingesetzt werden, bei denen ein Laserstrahl definiert um etwa $90^\circ \pm \alpha$ umgelenkt werden soll. Dabei hat es sich herausgestellt, daß es durchaus möglich ist, diesen Winkel α auf bis zu 30° zu wählen.

[0060] Des weiteren ist die Lasereinrichtung **14** justierbar ausgestaltet. Dies ermöglicht einerseits die Beseitigung von Maßtoleranzen. Andererseits wird dadurch aber auch ein Verwenden von Lasereinrich-

tungen unterschiedlichster Art ermöglicht, da mit Hilfe dieser Justage immer eine korrekte Einstellung möglich ist.

[0061] Schließlich sei noch bemerkt, daß auch eine beliebig gestaltete Prozeßgaszuführung, die in den Figuren nicht dargestellt ist, Verwendung finden kann. Diese dient insbesondere der Schnittabfallbeseitigung bei der Bearbeitung von Kunststoff. Aufgrund der Anordnung der Lasereinrichtung auf der zweiten Achse **2** kann die Bewegung der Bearbeitungsoptik mit wesentlich höherer Dynamik erfolgen. Die daraus resultierende günstigere Massenverteilung erleichtert des weiteren die Bewegungssteuerung. Die Einhaltung für Randbedingungen für den Lasereinsatz in Verbindung mit Robotern wird dadurch wesentlich unkritischer, da die Baugröße und insbesondere das Gewicht eine untergeordnete Rolle spielen. Die Lasereinrichtung wird nämlich wesentlich geringeren Beschleunigungen und Geschwindigkeiten ausgesetzt, wodurch sich unter anderem auch eine höhere Lebensdauer für die Lasereinrichtung ergibt.

Bezugszeichenliste

1	erste Achse
2	zweite Achse
3	dritte Achse
4	vierte Achse
5	fünfte Achse
10	Knickarmroboter
12	Laserstrahl
14	Lasereinrichtung
16	Hohlachse
18I	erster Spiegel
18II	zweiter Spiegel
18III	dritter Spiegel
18IV	vierter Spiegel
18V	fünfter Spiegel
18IV	sechster Spiegel
20I	erster Spiegel
20II	zweiter Spiegel
20III	dritter Spiegel
20IV	vierter Spiegel
24	Roboterhand
26	Spiegelführung
α	Winkel

Patentansprüche

1. Knickarmroboter (**10**) für die Bearbeitung von Werkstücken mittels Laserstrahlung (**12**), mit mindestens erste bis fünfte Achsen (**1**, **2**, **3**, **4**, **5**) und mit einer Lasereinrichtung (**14**) **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lasereinrichtung (**14**) an der zweiten Achse (**2**) angeordnet und die damit erzeugten Laserstrahlen (**12**) vor ihrem Auftreffen auf das Werkstück innerhalb der dritten bis fünften Achsen (**3**, **4**, **5**) geführt sind.

2. Knickarmroboter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Betriebszustand der Laser-Rohstrahl im wesentlichen seitlich entlang der Armstruktur zwischen der zweiten und der dritten Achse (2, 3) verläuft und im wesentlichen senkrecht auf die dritte Achse (3) trifft.

3. Knickarmroboter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Achse (3) als antreibbare Hohlwelle (16) ausgeführt ist.

4. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Betriebszustand die Laserstrahlen (12) über ein mehrere Spiegel (18I–VI, 20I–IV) aufweisendes Strahlführungssystem (22) auf das Werkstück leitbar sind und daß dieses Strahlführungssystem (22) innerhalb der dritten bis fünften Achse (3, 4, 5) angeordnet ist.

5. Knickarmroboter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegel (18I–VI, 20I–IV) derart angeordnet sind, daß im Betriebszustand die Laserstrahlen (12) im Bereich der fünften Achse (5) von der vierten Achse (4) versetzt auf die fünfte Achse (5) auftreffen und anschließend über Spiegel (18V, VI; 20III, IV) auf das Werkstück geworfen werden.

6. Knickarmroboter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlen (12) über Spiegel (18I–VI) leitbar sind.

7. Knickarmroboter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Spiegel (18I) so angeordnet ist, daß er den Laser-Rohstrahl der Lasereinrichtung (14) im wesentlichen konzentrisch zur dritten Achse (3) auf einen zweiten Spiegel (18II) wirft, der die Laserstrahlen im wesentlichen konzentrisch zur vierten Achse (4) auf einen dritten Spiegel (18III) wirft und daß zur freien Drehbarkeit der fünften Achse (5) dieser dritte Spiegel (18III) die Laserstrahlen (12) quer zur vierten Achse (4) nach außen auf einen vierten Spiegel (18IV) wirft, dieser die Laserstrahlen (12) in etwa parallel zur vierten Achse (4) auf einen fünften Spiegel (18V) wirft, der die Laserstrahlen (12) quer zur vierten Achse (4) wieder nach innen auf einen im Schnittpunkt der vierten und fünften Achse (4, 5) angeordneten sechsten Spiegel (18VI) wirft, von wo aus die Laserstrahlen (12) auf das Werkstück geworfen werden.

8. Knickarmroboter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlen (12) über vier Spiegel (20I–IV) auf das Werkstück leitbar sind.

9. Knickarmroboter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Spiegel (20I) so angeordnet ist, daß der Laser-Rohstrahl der Lasereinrichtung (14) im wesentlichen konzentrisch zur dritten Achse (3) und senkrecht zur vierten Achse (4) auf ei-

nen zweiten Spiegel (20II) trifft, der in einer Spiegel-führung (26) aufgenommen ist und die Laserstrahlen (12) bei Drehung der vierten Achse (4) auf einer Kegelhüllfläche definiert zum dritten Spiegel (20III) leitet, der sich wiederum bei einer Drehung der vierten Achse (4) auf einer Kreisbahn bewegt und die Laserstrahlen (12) auf einen vierten Spiegel (20IV) leitet, welcher die Laserstrahlen (12) auf das Werkstück wirft.

10. Knickarmroboter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegel-führung (26) aus einem Grundkörper, einer Spiegelaufnahme, einem Koppelgetriebe und einem Verbindungselement besteht, wobei der Grundkörper der Spiegel-führung (26) um die dritte Achse (3) drehbar gelagert ist.

11. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die kreisbahnförmige Bewegung des dritten Spiegels (20III) mittels eines Verbindungselements auf die Spiegel-führung (26) übertragbar ist.

12. Knickarmroboter nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungselement mechanisch zwangsgeführt ist oder durch mit Fremden-ergie betriebenen Aktoren bewegt wird.

13. Knickarmroboter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das mechanische Verbindungselement ein in der Verbindungsachse beider Spiegel (20II, 20III) liegendes Schutzrohr ist.

14. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungselement auf der einen Seite mit dem Grundkörper der Spiegel-führung (26) über ein Gelenk verbunden ist, dessen Achse senkrecht zur Drehachse des Grundkörpers und gleichzeitig durch den Schnittpunkt der dritten und vierten Achsen (3, 4) geht, und auf der anderen Seite mit der Roboterhand (24) verbunden ist.

15. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelgetriebe das Verbindungselement mit der Spiegelaufnahme verbindet und den Aufbau eines Planetengetriebes aufweist.

16. Knickarmroboter nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Sonnenrad des Planetengetriebes fest mit dem Grundkörper verbunden ist und das Hohlrad fest mit dem Verbindungselement verbunden ist, wobei mindestens ein Planetenrad drehbar an der Spiegelaufnahme angeschlossen ist.

17. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel zwischen der Spiegelfläche des zweiten Spiegels (20II) und der vierten Achse (4) in der Schnittebene

wie folgt ermittelbar ist:

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

wobei a_2 der Abstand zwischen dem zweiten und dritten Spiegel (**20II**, **20III**) und a_3 der Abstand zwischen dem dritten und vierten Spiegel (**20III**, **20IV**) voneinander bedeuten und das Vorzeichen von der Lage der vierten Achse (**4**) im Raum abhängt.

18. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel zwischen der Spiegelfläche des dritten Spiegels (**20III**) und der fünften Achse (**5**) in der Schnittebene wie folgt ermittelbar ist: $\alpha_{3A} = 45^\circ - \arctan a_3/a_2 \cdot 0,5$ wobei a_2 der Abstand zwischen dem zweiten und dritten Spiegel (**20II**, **20III**) und a_3 der Abstand zwischen dem dritten und vierten Spiegel (**20III**, **20IV**) voneinander bedeuten.

19. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenraum der gesamten Strahlführung gegenüber der Antriebstechnik der Achsen (**1**, **2**, **3**, **4**, **5**) abgedichtet ist.

20. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Lasereinrichtung (**14**) justierbar ausgestaltet ist.

21. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der vierten Achse (**4**) geeignet vorwählbar ist.

22. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß eine beliebig gestaltete Prozeßgaszuführung vorhanden ist.

23. Knickarmroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Lasereinrichtung (**14**) bezüglich der Laserstrahlenerzeugungsgart frei wählbar ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

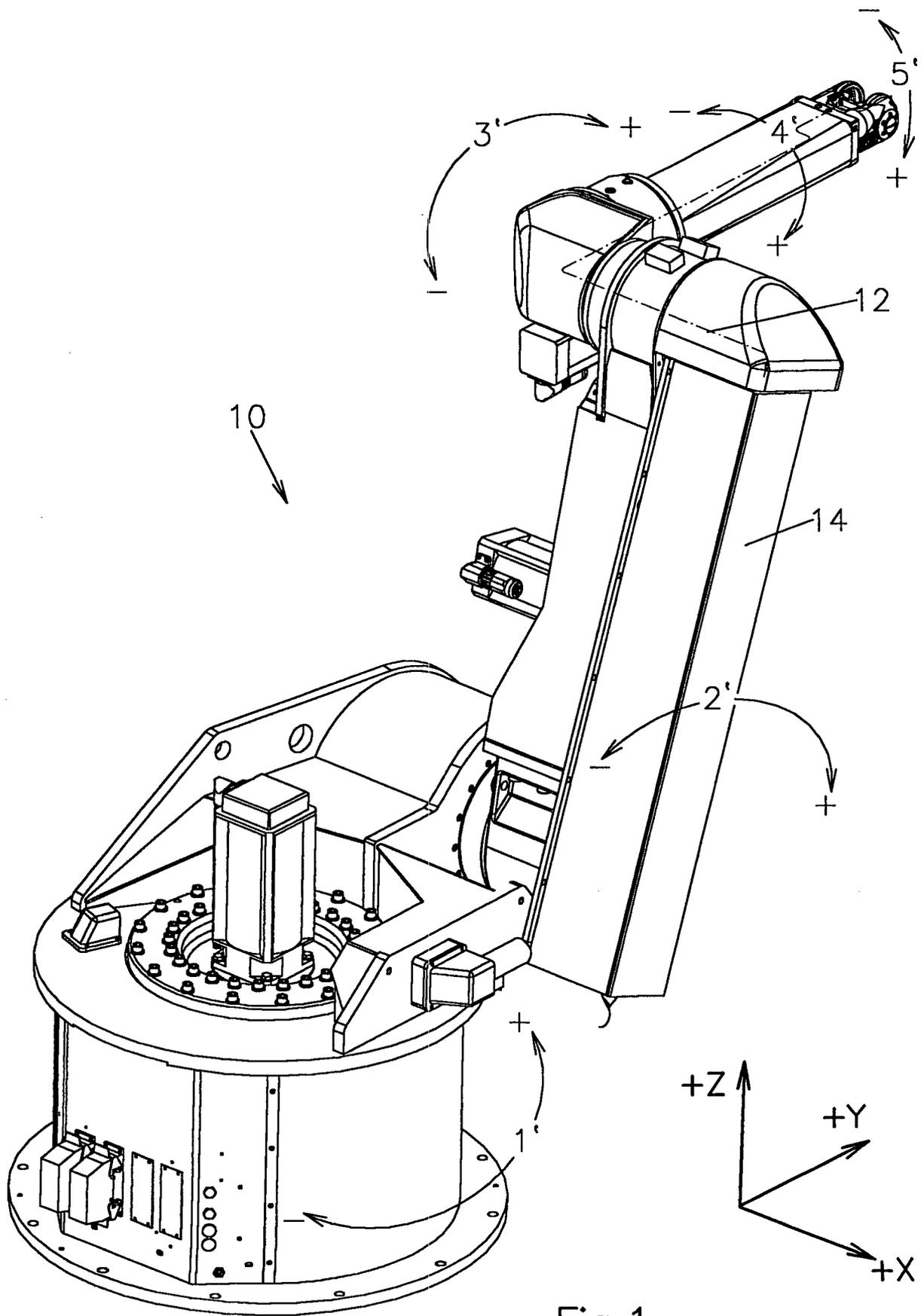
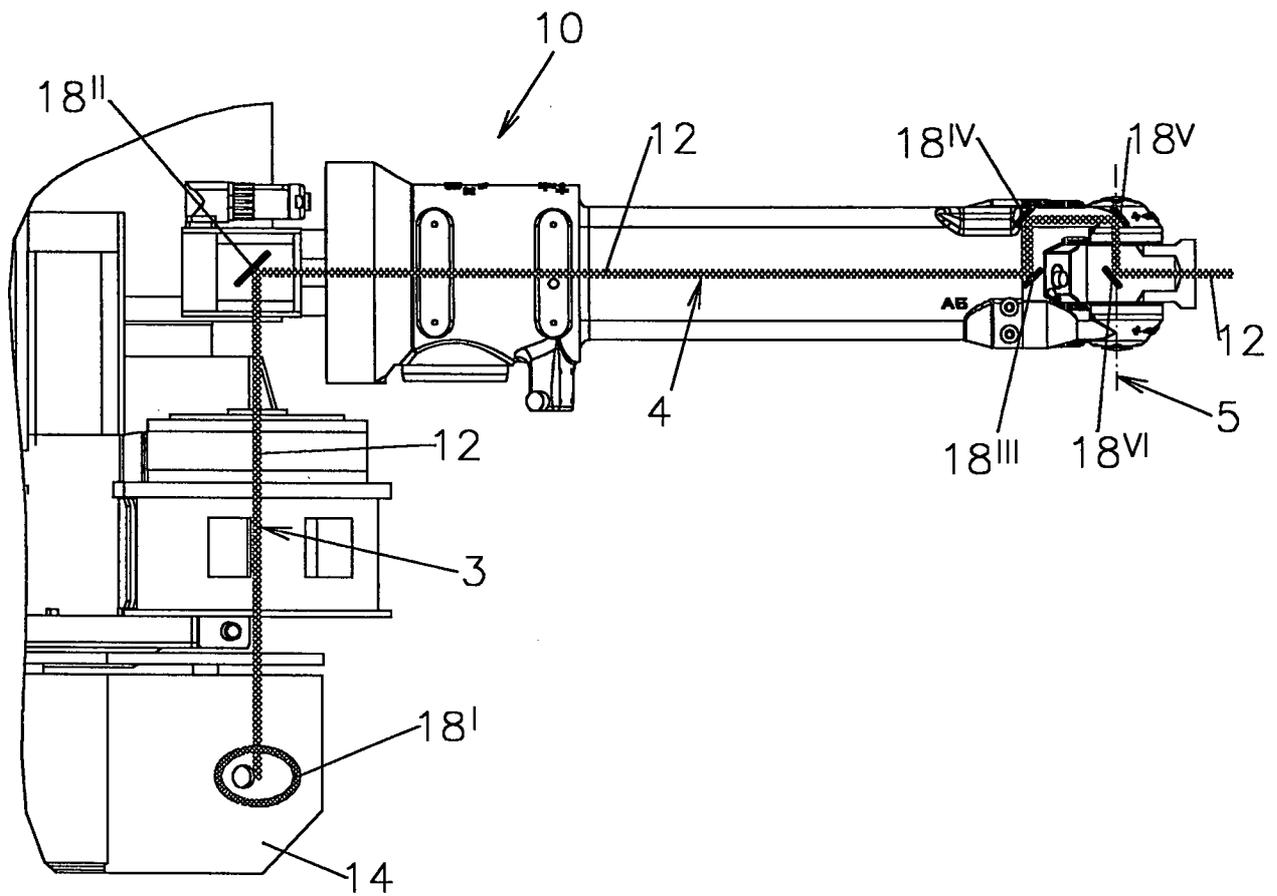
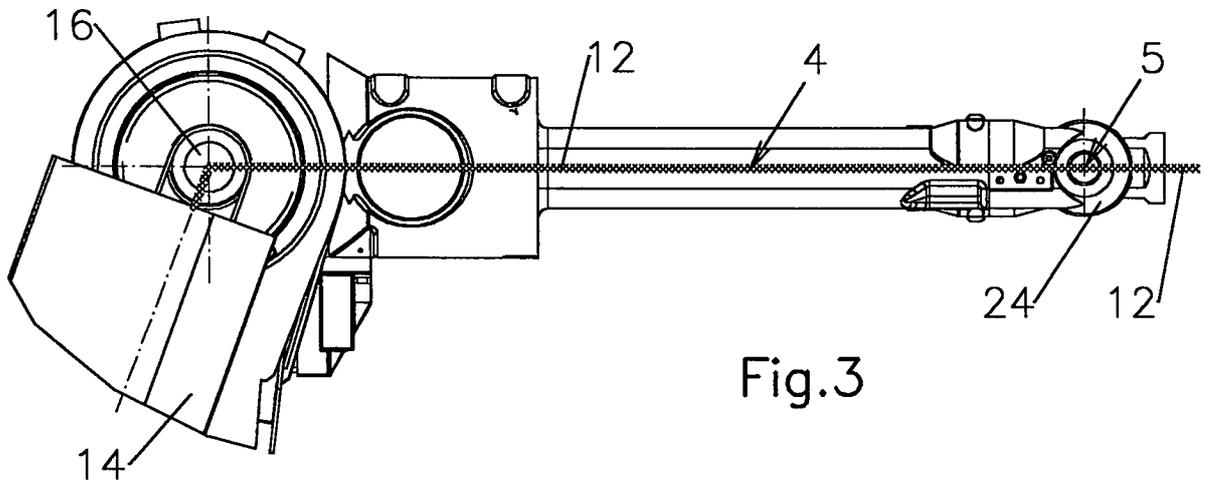


Fig.1



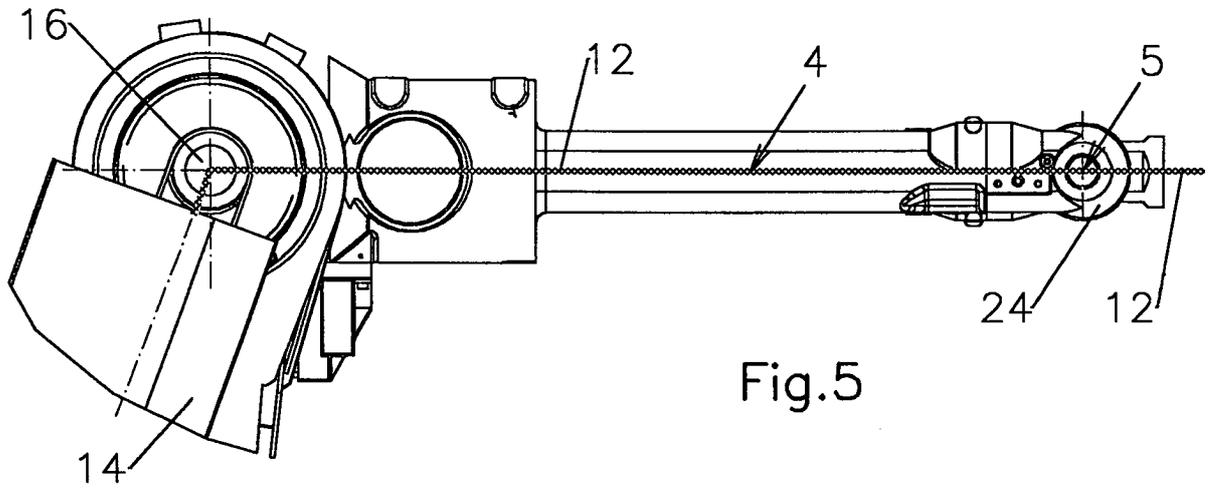


Fig.5

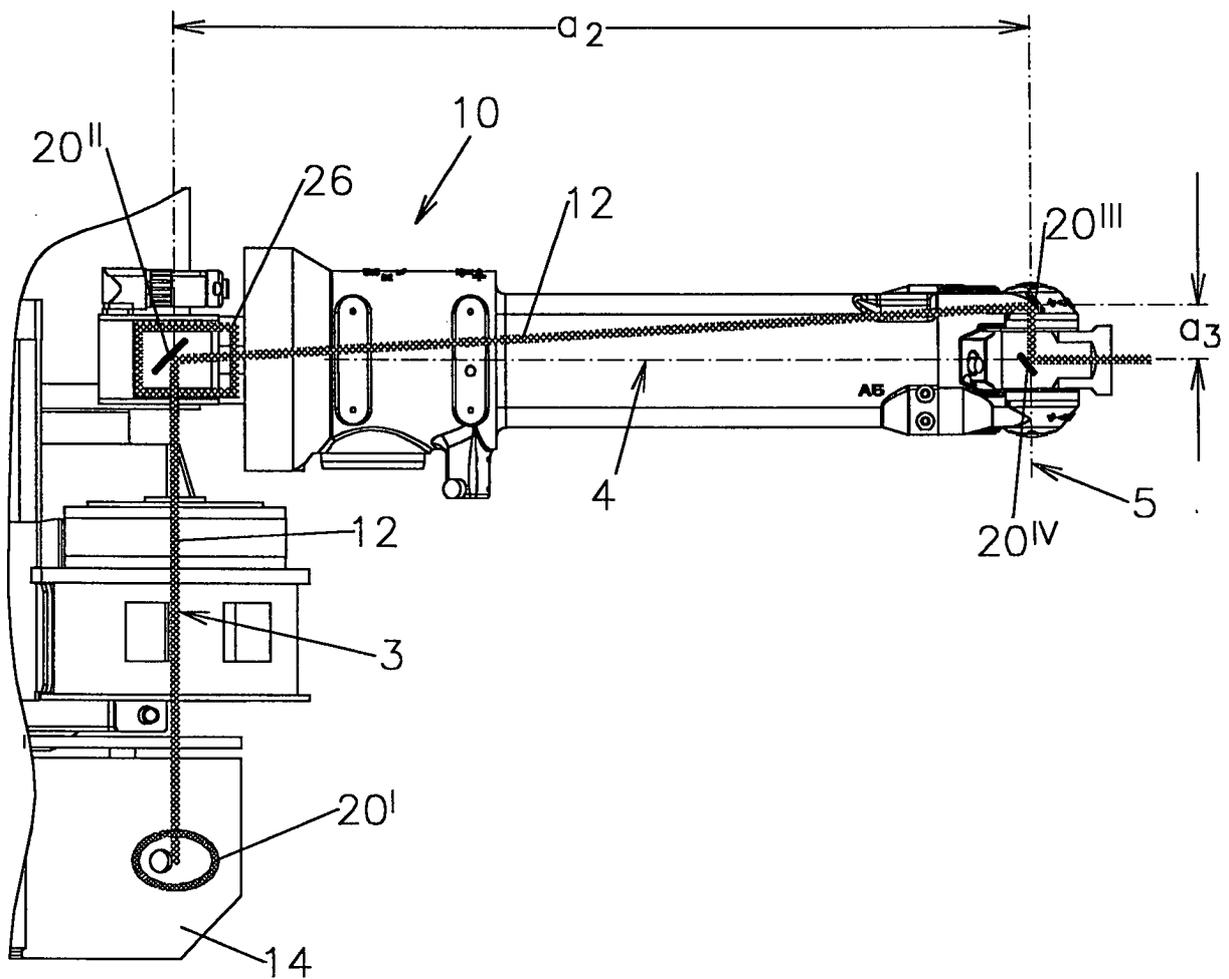


Fig.4