



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 35 191.0**
(22) Anmeldetag: **26.07.2002**
(43) Offenlegungstag: **27.02.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.02.2012**

(51) Int Cl.: **B25J 17/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2001/230193 **30.07.2001** **JP**

(73) Patentinhaber:
Kawasaki Jukogyo K.K., Kobe, Hyogo, JP

(74) Vertreter:
Bartels & Partner, Patentanwälte, 70174, Stuttgart, DE

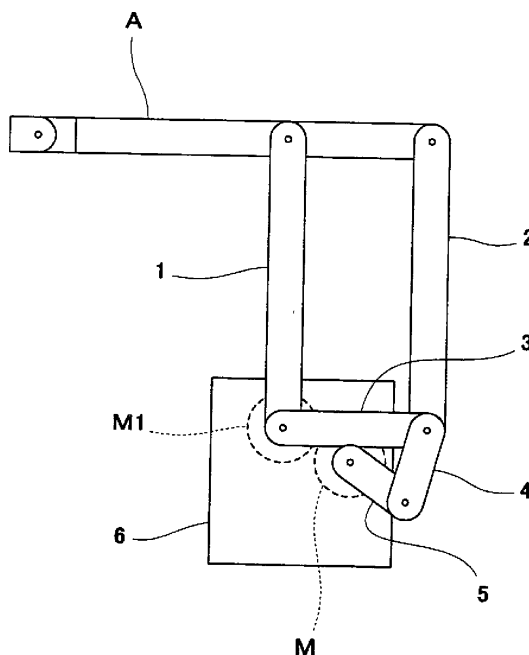
(72) Erfinder:
Maeguchi, Yuji, Kobe, Hyogo, JP; Takayama, Hiroyuki, Kakamigahara, Gifu, JP; Inada, Takahiro, Kakogawa, Hyogo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	28 41 183	A1
DE	30 38 419	A1
DE	36 17 981	A1
DE	43 34 069	A1
DE	38 85 640	T2

(54) Bezeichnung: **Roboter**

(57) Hauptanspruch: Roboter mit einer Basis (1), einem stangenförmigen Arm (A), der ein distales Ende und ein proximales Ende besitzt, einem ersten Lenker (1), dessen eines Ende mit einem Zwischenabschnitt des Armes (A) schwenkbar verbunden ist, während das zweite Ende schwenkbar an der Basis (6) gelagert ist, einem zweiten Lenker (2), dessen eines Ende schwenkbar mit dem proximalen Ende des Armes (A) verbunden ist, und einem dritten Lenker (3), dessen eines Ende schwenkbar mit dem zweiten Ende des zweiten Lenkers (2) verbunden ist, während das zweite Ende schwenkbar an der Basis (6) so gelagert ist, dass es mit dem zweiten Ende des ersten Lenkers (1) koaxial ist, wobei der Arm (A), der erste Lenker (1), der zweite Lenker (2) und der dritte Lenker (3) ein Vier-Lenker-Gestänge bilden, wobei ein vierter Lenker (4) vorgesehen ist, dessen erstes Ende schwenkbar mit dem zweiten Ende des zweiten Lenkers (2) und dem ersten Ende des dritten...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Roboter, beispielsweise gelenkige Manipulatoren, und spezieller auf einen einen Arm aufweisenden Roboter, bei dem ein Parallelgestänge benutzt wird.

[0002] Roboter, wie Manipulatoren, die ein Vier-Lenker-Gestänge (beispielsweise ein Parallelgestänge) als Gelenkmechanismus benutzen, sind bekannt, vgl. beispielsweise DE 38 85 640 T2 oder DE 36 17 981 A1. **Fig. 1** ist eine Seitenansicht, die den Aufbau eines bekannten Roboters gemäß DE 36 17 981 A1 zeigt. Der in **Fig. 1** gezeigte Roboter weist in der Hauptsache einen stangenähnlichen Arm A, einen ersten Lenker **1**, einen zweiten Lenker **2**, einen dritten Lenker **3** und eine Basis **6** auf.

[0003] Am distalen Ende des Armes A ist ein Endorgan (nicht gezeigt) angebracht, beispielsweise eine Hand zum Greifen eines Werkstückes oder ein Schweißgerät, um Schweißarbeiten an einem Werkstück auszuführen. Der am distalen Ende des Armes A befindliche Teil kann um die Zentralachse des Armes A schwenken und sich relativ zur Längsrichtung des Armes A abbiegen.

[0004] An einem zwischenliegenden Abschnitt des Armes A, seinem proximalen Ende etwas näher liegend, gesehen in der Längsrichtung des Armes A, ist ein erstes Ende des ersten Lenkers **1** schwenkbar mittels einer Schwenkwelle angeschlossen, die sich in einer zur Längsrichtung des Armes A senkrechten Richtung erstreckt. Das zweite Ende des ersten Lenkers **1** ist an einer Schwenkbasis **61** schwenkbar mittels einer Schwenkwelle gelagert, die sich im wesentlichen in der gleichen Richtung wie die oben genannte Schwenkwelle erstreckt.

[0005] Die Basis **6** besteht aus der Schwenkbasis **61** und einem Grundträger **62**. Der Grundträger enthält einen Motor, Untersetzungsgetriebe und Weiteres (nicht gezeigt), die bewirken, dass sich die Schwenkbasis **61** in einer horizontalen Richtung dreht.

[0006] Ein erstes Ende des zweiten Lenkers **2** ist schwenkbar mit dem proximalen Ende des Armes A mittels einer Schwenkwelle verbunden, die sich im wesentlichen in gleicher Richtung wie die obigen Schwenkwellen erstreckt. Die Verbindungslänge (d. h. der Abstand zwischen den zwei Schwenkwellen) des zweiten Lenkers **2** ist im wesentlichen die gleiche wie diejenige des ersten Lenkers **1**, und das zweite Ende des zweiten Lenkers **2** ist schwenkbar mit einem ersten Ende des dritten Lenkers **3** mittels einer Schwenkwelle verbunden, die sich im wesentlichen in der gleichen Richtung erstreckt wie die obigen Schwenkwellen.

[0007] Das zweite Ende des dritten Lenkers **3** ist schwenkbar an der Schwenkbasis **61** gelagert und koaxial zu dem zweiten Ende des ersten Lenkers **1**. Die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** ist im wesentlichen die gleiche wie der Abstand zwischen der Welle, an der der erste Lenker **1** schwenkbar mit dem Arm A verbunden ist, und der Stelle, an der der zweite Lenker **2** schwenkbar mit dem Arm A verbunden ist. Somit bilden der Arm A, der erste Lenker **1**, der zweite Lenker **2** und der dritte Lenker **3** ein Parallelgestänge.

[0008] In der Schwenkbasis **61** sind ein Motor zum Bewirken eines Schwenkens des ersten Lenkers **1** und ein Motor zum Bewirken des Schwenkens des dritten Lenkers **3** einander gegenüberliegend (nicht gezeigt). Die Drehwelle eines der Motoren ist mit der Schwenkwelle des ersten Lenkers **1** so gekuppelt, dass die Drehung des Motors auf den ersten Lenker **1** übertragen wird, während die Drehwelle des anderen Motors mit der Schwenkwelle des dritten Lenkers **3** gekuppelt ist, so dass die Drehung des Motors auf den dritten Lenker **3** übertragen wird.

[0009] Der untere Teil des zweiten Lenkers **2** erstreckt sich in einer Richtung, die vom ersten Lenker **1** abgekehrt ist, und das distale Ende dieses unteren Teiles ist mit einem Ausgleichsgewicht W versehen. Das Ausgleichsgewicht W ist vorgesehen, um die Masse des Armes A, des Endorganes, eines zu transportierenden Werkstückes usw. in dem Bereich, der die Schwenkwelle zur Lagerung des dritten Lenkers **3** an der Schwenkbasis **61** umgibt, auszugleichen, so dass die Belastung, der der Motor ausgesetzt ist, um das Schwenken des dritten Lenkers **3** zu bewirken, verringert werden kann.

[0010] Eine Federanordnung **7**, die eine Feder enthält, ist zum ersten Lenker **1** parallel angeordnet. Ein Ende der Federanordnung **7** ist schwenkbar mit der Schwenkwelle verbunden, die den Arm A und den ersten Lenker **1** verbindet, während das zweite Ende der Feder schwenkbar mit dem oberen Endteil der Schwenkbasis **61** verbunden ist. Bei dieser Anordnung beaufschlagt die Federanordnung **7**, wenn sich der erste Lenker **1** mit dem sich bewegenden Arm A neigt, den Arm A in einer Richtung, die der Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist, um dadurch die Belastung zu verringern, der der Motor für das Bewirken des Schwenkens des ersten Lenkers **1** ausgesetzt ist.

[0011] Der oben beschriebene übliche Roboter leidet jedoch unter dem Problem, dass ein großes Lastdrehmoment auf den Motor zum Bewirken des Schwenkens des dritten Lenkers **3** aus folgendem Grunde einwirkt, insbesondere wenn die Massenbelastung 100 kg oder mehr beträgt.

[0012] **Fig. 2** ist eine diagrammartige Seitenansicht, die einen dynamisch ausgeglichenen Zustand eines üblichen Roboters darstellt. Wie in **Fig. 2** gezeigt, wird, wenn eine Kraft F am distalen Ende des Armes **A** nach unten ausgeübt wird und der dritte Lenker **3** aus einer horizontalen Stellung entgegen dem Uhrzeigersinn (in der Zeichnung) um einen Winkel θ geneigt wird, der Arm **A** ebenfalls aus einer horizontalen Stellung in der gleichen Richtung über den Winkel θ geschwenkt, so dass die Größe der Komponente der Kraft F die in einer zum Arm **A** senkrechten Richtung wirkt, $F\cos\theta$ ist. Daher wird die durch die Formel (1) ausgedrückte Kraft F_1 auf das proximale Ende des Armes **A** ausgeübt.

$$F_1 = (L/L_3)F\cos\theta \quad (1)$$

[0013] In dieser Gleichung bezeichnet L die Länge zwischen der Stelle, wo der Arm **A** schwenkbar mit dem ersten Lenker **1** verbunden ist, und dem distalen Ende des Armes **A**; und L_3 bezeichnet die Länge zwischen der Stelle, wo der Arm **A** schwenkbar mit dem ersten Lenker **1** verbunden ist und der Stelle, wo der Arm **A** schwenkbar mit dem zweiten Lenker **2** verbunden ist.

[0014] Da die Kraft F_1 über den zweiten Lenker **2** auf die Stelle einwirkt, wo der dritte Lenker **3** schwenkbar mit dem zweiten Lenker **2** verbunden ist und die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** gleich L_3 ist, wird ein Lastdrehmoment t , welches eine Größe besitzt, die durch $F_1 \cdot L_3 (= L \cdot F\cos\theta)$ dargestellt ist, dem Motor **M** für das Bewirken des Schwenkens des dritten Lenkers **3** auferlegt.

[0015] Wenn daher der Roboter ein massiges Werkstück trägt, d. h. wenn der Roboter eine Massenbelastung von 100 kg oder mehr besitzt, wird die Belastung am Motor **M** extrem hoch, was einen groß dimensionierten Motor erforderlich macht.

[0016] Außerdem werden, da im obigen Falle ein hohes Drehmoment auf die Schwenkachse ausgeübt wird, die den dritten Lenker **3** an der Basis **6** schwenkbar lagert, hohe Beanspruchungen in dem dritten Lenker **3**, seiner Schwenkwelle und den Peripherieteilen erzeugt. Um ausreichend hohe Steifigkeit, die den Beanspruchungen standhält, sicherzustellen, werden die Abmessungen dieser Bauteile unvermeidbar vergrößert.

[0017] Bei dem üblichen Roboter muß nicht nur die Leistungsfähigkeit des Motors **M** erhöht werden, sondern die mit der Drehwelle des Motors **M** gekuppelten Untersetzungsgetriebe müssen auch ein hohes Untersetzungsverhältnis aufweisen. Im Ergebnis kann der übliche Roboter ein Werkstück nicht mit hoher Geschwindigkeit transportieren.

[0018] Ein weiteres Problem des üblichen Roboters besteht darin, dass, während zwar die Belastung am Motor **M** verringert werden kann, indem ein Ausgleichsgewicht W vorgesehen ist, welches gegen die Masse des Armes **A**, des Endorganes, des zu transportierenden Werkstückes und weiteres ausgeglichen werden kann, das Ausgleichsgewicht W groß dimensioniert sein muß, wenn die Massenbelastung 100 kg oder mehr beträgt, 50 dass die Masse des Roboters **1** selbst zunimmt, was einen groß dimensionierten Motor erforderlich macht, um das Schwenken der Schwenkbasis **61** in Horizontalrichtung zu bewirken.

[0019] Ein Roboter, der ein sogenanntes Hybridgestänge benutzt, leidet unter folgenden Problemen.

[0020] **Fig. 3** stellt schematisch, in diagrammartiger Darstellung eine Seitenansicht eines Roboters dar, der das sogenannte Hybridgestänge verwendet. Der das Hybridgestänge benutzende Roboter weist ein Parallelgestänge auf, das aus vier Lenkern L_{11} bis L_{14} aufgebaut ist. Von diesen Lenkern L_{11} bis L_{14} ist der sich seitwärts erstreckende obere Lenker L_{11} mit einem Fortsatzteil versehen, der sich vom Mittelabschnitt des Lenkers L_{11} , gesehen in Längsrichtung, nach oben erstreckt. Der Fortsatzteil ist in der Mitte im wesentlichen rechtwinklig abgebogen, und ein Motor und Untersetzungsgetriebe (nicht gezeigt) sind am distalen Ende des Fortsatzteiles angebracht. Die Drehwelle des Motors ist mit dem Zwischenabschnitt des Armes **A** über das Untersetzungsgetriebe gekuppelt. Somit ist das Hybridgestänge durch die Lenker L_{11} bis L_{14} und den Arm **A** gebildet.

[0021] Der sich vertikal erstreckende Lenker L_{12} , der auf der Seite des distalen Endes des Armes **A** angeordnet ist, sowie der sich seitwärts erstreckende untere Lenker L_{14} sind koaxial schwenkbar an der Basis **6**

gelagert, und der Lenker L12 wird mittels eines Motors und Untersetzungsgetriebes (nicht gezeigt), die in der Basis **6** untergebracht sind, zum Schwenken veranlaßt.

[0022] Wenn mit dem oben beschriebenen Roboter, der das Hybridgestänge benutzt, ein massiges Werkstück transportiert wird (beispielsweise wenn die Massenbelastung 100 kg oder mehr beträgt), wird dem das Schwenken des Armes A bewirkenden Motor eine extrem hohe Belastung auferlegt. Um die Belastung des Motors für den Arm A zu verringern, muß das proximale Ende des Armes A für das Anbringen eines Ausgleichsgewichtes W, wie es in **Fig. 3** gezeigt ist, verlängert werden, was wiederum zu einer Erhöhung der Belastung für den Motor führt, der das Schwenken des Lenkers L12 veranlaßt. In dem Falle des Roboters, der das Hybridgestänge benutzt, nehmen daher die Belastungen für die Motoren extrem zu, beispielsweise wenn die Massenbelastung 100 kg oder mehr beträgt, so dass groß dimensionierte Motoren erforderlich sind.

[0023] Die Probleme, die bei einem Roboter auftreten, der ein so genanntes Reihengestänge benutzt, werden unten besprochen.

[0024] **Fig. 4** zeigt diagrammartig eine Seitenansicht eines Roboters, der das Reihengestänge benutzt. Der das Reihengestänge benutzende Roboter ist so ausgelegt, dass ein Ende eines Lenkers L21 schwenkbar mit dem Zwischenabschnitt eines Armes A verbunden ist, während das zweite Ende des Lenkers L21 schwenkbar an einer Basis **6** gelagert ist. Der Arm A und der Lenker L21 bilden somit das Reihengestänge. Am distalen Ende des Lenkers L21 befinden sich ein Motor und ein Untersetzungsgetriebe (nicht gezeigt), die das Schwenken des Armes A bewirken. Die Basis beherbergt auch einen Motor und ein Untersetzungsgetriebe (nicht gezeigt), die das Schwenken des Lenkers L21 bewirken. Bei dem Roboter der ein solches Reihengestänge verwendet, ergibt sich für den Motor, der das Schwenken des Armes A bewirkt, eine äußerst hohe Belastung, und es wird erforderlich, das proximale Ende des Armes A für die Anbringung eines Ausgleichgewichtes W zu verlängern, ähnlich wie im Falle des Roboters mit Hybridgestänge, um die Belastung des Motors für den Arm A zu verringern. In diesem Falle werden nicht nur das Gewicht des zu transportierenden Werkstückes, sondern auch das Gewicht des Ausgleichgewichtes W als Belastung dem Motor für das Bewirken des Schwenkens des Lenkers L21 auferlegt. Wenn daher die Massenbelastung 100 kg oder mehr im Falle des Roboters mit Reihengestänge beträgt, werden die Belastungen der Motoren extrem erhöht, was zur Forderung der Verwendung groß dimensionierter Motoren führt.

[0025] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die oben erwähnten Unzulänglichkeiten zu überwinden, und ein Ziel der Erfindung besteht daher darin, einen Roboter zur Verfügung zu stellen, bei dem die Belastungen der Motoren verringert werden können, ohne ein groß dimensioniertes Ausgleichsgewicht zu verwenden, bei dem Motoren und verschiedene Teile kleiner dimensioniert sein können, als dies bei üblichen Robotern der Fall ist, und bei dem ein Transport von Werkstücken mit hoher Geschwindigkeit ermöglicht ist.

[0026] Erfindungsgemäß löst diese Aufgabe ein Roboter, der die Merkmale des Anspruches 1 aufweist.

[0027] Gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 besteht eine wesentliche Besonderheit der Erfindung darin, dass die Verbindungslänge des fünften Lenkers kürzer ist als diejenige des dritten Lenkers und dass das zweite Ende des fünften Lenkers an der Basis an einer Stelle schwenkbar gelagert ist, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo der erste Lenker und der dritte Lenker schwenkbar an der Basis gelagert sind, wobei der Abstand kürzer ist als die Verbindungslinie des dritten Lenkers. Verglichen mit dem Lastdrehmoment, das auf die Schwenkwelle für den dritten Lenker eines üblichen Roboters einwirkt, verringert sich dadurch das auf den fünften Lenker ausgeübte Lastdrehmoment in beträchtlichem Ausmaß, so dass Betätiger und verschiedene Bauteile kleinerer Dimensionen einsetzbar sind als sie beim Stand der Technik erforderlich sind, und ein Transport von Werkstücken mit hoher Geschwindigkeit wird möglich gemacht. Dadurch, dass das zweite Ende des fünften Lenkers an der Basis an einer Stelle gelagert ist, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo der erste Lenker und der dritte Lenker schwenkbar an der Basis gelagert sind, wobei der Abstand kürzer ist als die Verbindungslänge des dritten Lenkers, steht daher zudem ein ausreichender Bewegungsbereich für den Roboter zur Verfügung.

[0028] Bei der Erfindung beträgt die Verbindungslänge des fünften Lenkers vorzugsweise das 0,3 bis 0,8-fache der Verbindungslänge des dritten Lenkers. Bei dieser Anordnung kann verhindert werden, dass das auf den Betätiger ausgeübte Belastungsdrehmoment übermäßig ansteigt, und es kann verhindert werden, dass der Bewegungsbereich für den Arm sehr klein wird.

[0029] Bei der Erfindung beträgt die Verbindungslänge des vierten Lenkers vorzugsweise das 0,9 bis 1,1-fache der Verbindungslänge des fünften Lenkers. Bei dieser Anordnung läßt sich vermeiden, dass der Be-

wegungsbereich für den Arm zu klein wird, es kann verhindert werden, dass die Größe des Roboters selbst zunimmt, und eine in der Praxis ausreichende Steifigkeit kann für den Bereich sichergestellt werden, wo der vierte Lenker und der fünfte Lenker miteinander gekuppelt sind.

[0030] Bei der Erfindung wird die Massenbelastung des Roboters vorzugsweise auf 100 kg oder mehr festgesetzt. Als Folge hiervon ist eine Verringerung der Herstellungskosten für einen Roboter mit einer Massenbelastung von 100 kg oder mehr zu erwarten. Darüber hinaus kann das Ausgleichsgewicht kleiner ausgelegt werden, und eine Zunahme der Größe des Roboters lässt sich begrenzen.

[0031] Die obigen und weitere Ziele und Merkmale der Erfindung ergeben sich deutlicher aus der nachstehenden, ins einzelne gehenden Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen.

[0032] [Fig. 1](#) ist eine Seitenansicht, die einen Aufbau eines üblichen Roboters zeigt;

[0033] [Fig. 2](#) ist eine diagrammartige Seitenansicht, die einen dynamisch ausgeglichenen Zustand des üblichen Roboters darstellt;

[0034] [Fig. 3](#) ist eine diagrammartige, schematische Seitenansicht eines üblichen Roboters, der ein Hybridgestänge benutzt;

[0035] [Fig. 4](#) ist eine diagrammartige, schematische Seitenansicht eines Roboters, der ein Reihengestänge benutzt;

[0036] [Fig. 5](#) ist eine allgemeine perspektivische Ansicht eines Roboters gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0037] [Fig. 6](#) ist eine diagrammartige Seitenansicht, die ein Beispiel des Aufbaues des erfindungsgemäßen Roboters zeigt;

[0038] [Fig. 7](#) ist eine diagrammartige Seitenansicht, die einen dynamisch ausgeglichenen Zustand des erfindungsgemäßen Roboters zeigt;

[0039] [Fig. 8A](#) ist eine diagrammartige Darstellung, die ein konkretes Beispiel des Aufbaues des Roboters gemäß der Erfindung zeigt;

[0040] [Fig. 8B](#) ist eine diagrammartige Darstellung, die ein konkretes Beispiel des Aufbaues des üblichen Roboters zeigt;

[0041] [Fig. 9A](#) ist eine grafische Darstellung, die den Zusammenhang zwischen dem Schwenkwinkel eines dritten Lenkers und dem Lastdrehmoment an einem Motor bei dem Roboter zeigt, der den Aufbau von [Fig. 8A](#) besitzt;

[0042] [Fig. 9B](#) ist eine Grafik, die den Zusammenhang zwischen dem Schwenkwinkel eines dritten Lenkers und einem Lastdrehmoment an einem Motor bei dem Roboter zeigt, der den Aufbau von [Fig. 8B](#) besitzt, und

[0043] [Fig. 10](#) ist eine diagrammartige Seitenansicht, die einen Bewegungsbereich des Roboters gemäß der Erfindung zeigt.

[0044] Unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele eines gemäß der Erfindung aufgebauten Roboters nachstehend konkret beschrieben.

[0045] [Fig. 5](#) ist eine generelle perspektivische Ansicht eines Roboters gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, weist der Roboter gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel einen Arm A, einen ersten Lenker **1**, einen zweiten Lenker **2**, einen dritten Lenker **3**, einen vierten Lenker **4**, einen fünften Lenker **5** und eine Basis **6** auf. Der Arm A weist einen im wesentlichen sattelförmigen, proximalen Endabschnitt A2 und einen Armkörper A1 von runder Stangenform auf, der sich von einer Endfläche des proximalen Endabschnitts A2 erstreckt. Das distale Ende des Armkörpers A1 ist mit einem Drehgelenk A3 versehen, so dass es um eine Zentralachse des Armkörpers A1 schwenken und sich relativ zur Längsrichtung des Armkörpers A1 abbiegen kann. Am distalen Ende des Drehgelenkes A3 ist ein Anschlußteil A4 vorgesehen, an dem ein Endorgan (nicht gezeigt), beispielsweise eine Hand zum Greifen eines Werkstückes oder ein Schweißgerät, um

Schweißarbeiten an einem Werkstück auszuführen, angebracht werden kann. Der Anschlußteil A4 kann auch um seine Zentralachse schwenken. Der Armkörper A1, das Drehgelenk A3 und der Anschlußteil A4 schwenken jeweils so, dass eine Aktion, entsprechend der Tätigkeit eines Handgelenkes, erreicht werden kann.

[0046] Der Zwischenabschnitt des Armes A, d. h. das distale Ende des proximalen Endabschnittes A2, ist in halbkreisartiger Form an seiner Unterseite verlängert. Im Zentrum des halbkreisförmigen Abschnittes verläuft ein Durchgangsloch in einer Richtung, die im wesentlichen zur Längsrichtung des Armkörpers A1 senkrecht ist. Der erste Lenker **1** in Form einer rechteckigen Stange gabelt sich am einen Ende und bildet Schenkel, die jeder Löcher aufweisen, die so definiert sind, dass sie einander gegenüberstehen. Der halbkreisförmige Abschnitt des proximalen Endabschnittes A2 wird zwischen den Schenkeln gehalten, und eine Schwenkwelle durchgreift die Löcher in dem proximalen Endabschnitt A2 und dem ersten Lenker **1**, so dass der Arm A schwenkbar mit dem ersten Lenker **1** verbunden ist. Der Arm A und der erste Lenker **1** durchlaufen eine Relativbewegung, so dass eine Wirkung entsprechend der Aktion eines Knies ermöglicht wird.

[0047] Am zweiten Ende des ersten Lenkers **1** ist eine Schwenkwelle befestigt, die sich zur Längsrichtung des ersten Lenkers **1** senkrecht erstreckt und schwenkbar mittels eines Lagers (nicht gezeigt) an einer Schwenkbasis **61** gelagert ist. Die Schwenkbasis **61** ist so ausgebildet, dass zwei vorspringende Abschnitte **61b**, **61c** in einer zueinander entgegengesetzten Lagebeziehung an der Oberseite einer Scheibe **61a** angeordnet sind. Die vorspringenden Abschnitte **61b**, **61c** sind jeder so geformt, dass, in Seitenansicht, sich ein rechtwinkliger Parallelflechteil mit einem halbkreisförmigen Oberteil, gegen das distale Ende des Armes A hin neigt. Von diesen vorspringenden Abschnitten ist der vorspringende Abschnitt **61c** mit dem vorgenannten Lager versehen, welches das zweite Ende des ersten Lenkers schwenkbar lagert. Der erste Lenker **1** schwenkt um die Schwenkbasis **61**, so dass die Aktion, entsprechend der Tätigkeit einer Schulter, ermöglicht wird.

[0048] Mit den oberen Enden der zwei vorspringenden Abschnitte **61b**, **61c** an der Schwenkbasis **61** sind Haken in Eingriff, die an den jeweiligen Unterseiten von Federanordnungen **7** angebracht sind. Jede der Federanordnungen **7** weist zwei Haken auf, die jeweils an ihrem oberen und unterem Ende vorgesehen sind, und beherbergt eine Feder, deren beide Enden mit den jeweiligen Haken gekuppelt sind. Beide Enden der Schwenkwelle, die den Arm A mit dem ersten Lenker verbindet, erstrecken sich von dem ersten Lenker **1** nach außen weg, und die oberen Haken der Federanordnungen **7** sind mit der Schwenkwelle in Eingriff. Bei dieser Anordnung wird, wenn sich der erste Lenker **1** neigt, um eine Bewegung des Armes A zu verursachen, der Arm A durch die Federanordnungen in einer Richtung mit Kraft beaufschlagt, die der Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist.

[0049] Das proximale Ende des Armes A, d. h. die proximale Endseite des proximalen Endabschnittes A2, gabelt sich, und bildet Schenkel. Beide Schenkel sind mit Durchgangslöchern versehen, die sich durch ihren zugehörigen Schenkel in einer Richtung erstrecken, die im wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung des Armkörpers A1 ist, und sind einander zugekehrt. Der zweite Lenker **2**, der im wesentlichen die gleiche Verbindungslänge besitzt wie der erste Lenker **1**, beinhaltet ein Loch an seinem einen Ende. Dieses Ende des zweiten Lenkers **2** ist zwischen den Schenkeln gehalten, die sich vom proximalen Endabschnitt A2 erstrecken. Eine Schwenkwelle durchzieht diese Löcher, so dass der Arm A schwenkbar mit dem zweiten Lenker **2** verbunden ist.

[0050] Ein Ausgleichsgewicht W, das die Form eines rechtwinkligen Parallelflechteiles besitzt, ist an der Seitenfläche des zweiten Endes des zweiten Lenkers **2** fest angebracht, wobei die Seitenfläche zu der dem ersten Lenker **1** gegenüberliegenden Seitenfläche entgegengesetzt ist. Das zweite Ende des zweiten Lenkers **2** ist in zwei Schenkel aufgeteilt, die jeder mit einem Loch versehen sind. Diese Löcher sind einander zugekehrt und durchziehen die Schenkel in einer Richtung, die zu der Längsrichtung des zweiten Lenkers im wesentlichen senkrecht ist. Ein Ende des dritten Lenkers **3** ist ebenfalls mit einem Loch versehen und zwischen den am zweiten Ende des zweiten Lenkers **2** gebildeten Schenkeln gehalten. Eine Schwenkwelle ist vorgesehen, die durch diese Löcher hindurch verläuft, um dadurch den zweiten Lenker **2** und den dritten Lenker **3** schwenkbar zu verbinden.

[0051] Das zweite Ende des dritten Lenkers **3** ist ebenfalls mit einem Loch versehen, das im wesentlichen parallel zu dem Loch in dem ersten Ende ist. Dieses Loch ist, mit Spiel, von der vorerwähnten Schwenkwelle durchgriffen, die durch das zweite Ende des ersten Lenkers **1** hindurch verläuft, wodurch das zweite Ende des dritten Lenkers **3** schwenkbar an der Schwenkbasis **61** gelagert ist. Die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** ist im wesentlichen gleich dem Abstand zwischen dem Loch des proximalen Endabschnittes A2, das für die schwenkbare Verbindung des ersten Lenkers **1** benutzt wird, und dem Loch des proximalen Endabschnittes

A2, das für die schwenkbare Verbindung des zweiten Lenkers **2** benutzt wird, so dass der Arm A, der erste Lenker **1**, der zweite Lenker **2** und der dritte Lenker **3** ein Parallelgestänge bilden.

[0052] Der vierte Lenker **4** weist eine Verbindungslänge auf, die ungefähr die Hälfte der Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** beträgt, und ist an beiden Enden mit Löchern versehen, die im wesentlichen parallel zueinander sind. Die Schwenkwelle für die schwenkbare Verbindung des zweiten Lenkers **2** und des dritten Lenkers **3** steht vom zweiten Lenker **2** nach außen vor, und ein Loch, das im einen Ende des vierten Lenkers **4** definiert ist, ist mit Spiel von dieser Schwenkwelle durchgriffen. Bei dieser Anordnung schwenkt der vierte Lenker **4** relativ zum zweiten Lenker **2** und zum dritten Lenker **3**.

[0053] Die Verbindungslänge des fünften Lenkers **5** ist im wesentlichen gleich der Verbindungslänge des vierten Lenkers **4**. Eine Schwenkwelle steht von einer Seitenfläche des einen Endes des fünften Lenkers **5** vor. Diese Schwenkwelle verläuft durch das im zweiten Ende des vierten Lenkers **4** definierte Loch, so dass der vierte Lenker **4** und der fünfte Lenker **5** sich relativ zueinander bewegen (drehen) können. Auch erstreckt sich eine Schwenkwelle von der anderen Seitenfläche des zweiten Endes des fünften Lenkers **5** weg, die mittels eines Lagers (nicht gezeigt) schwenkbar gelagert ist, welches an der Schwenkbasis **61** vorgesehen ist. Generell erstreckt sich ein gebogener Abschnitt **61d** vom Mittelteil einer oberen geneigten Fläche des vorspringenden Abschnittes **61c** der Schwenkbasis **61** weg. Das vorerwähnte Lager ist innerhalb des bogenförmigen Abschnittes **6d** gelegen, um den fünften Lenker **5** schwenkbar zu lagern. Die Schwenklagerstelle für den fünften Lenker **5** ist seitlich der Schwenklagerstelle gelegen, wo die Schwenkbasis **61** den ersten Lenker **1** schwenkbar lagert. Diese Lagerstellen besitzen im wesentlichen die gleiche Höhe.

[0054] Der vierte Lenker **4** und der fünfte Lenker **5** sind miteinander außerhalb eines Viereckes verbunden, das durch das Parallelgestänge gebildet ist. Obgleich der vierte Lenker **4** und der fünfte Lenker **5** miteinander innerhalb des Viereckes verbunden sein können, ist es im Hinblick auf die Begrenzung des Bewegungsbereiches des Roboters, der durch die Interferenz der Lenker bestimmt ist, vorzuziehen, sie an einer Stelle außerhalb des Viereckes zu verbinden wie beim vorliegenden Ausführungsbeispiel. Die Schwenkbasis **61** enthält auch einen Motor, um das Schwenken des ersten Lenkers **1** zu bewirken. Die Drehwelle dieses Motors ist über ein Untersetzungsgetriebe mit der Schwenkwelle (nicht gezeigt) gekuppelt, die am zweiten Ende des ersten Lenkers **1** befestigt ist, so dass die Drehkraft des Motors auf den ersten Lenker übertragen werden kann.

[0055] Die Schwenkbasis **61** enthält einen Motor M, um das Schwenken des fünften Lenkers **5** zu bewirken. Der Motor M ist innerhalb des gebogenen Abschnittes **61d** gelegen, wobei seine Drehwelle über ein Untersetzungsgetriebe mit der Schwenkwelle verbunden ist, die vom zweiten Ende des fünften Lenkers **5** vorsteht. Dies ermöglicht die Übertragung der Drehkraft vom Motor M auf den fünften Lenker **5**.

[0056] Die Schwenkbasis **61** ist an der Oberseite eines im wesentlichen zylindrischen, kurzen Grundträgers **62** angeordnet. Der Grundträger **62** hat im wesentlichen den gleichen Durchmesser wie die Scheibe **61a** der Schwenkbasis **61** und enthält einen Motor und ein Untersetzungsgetriebe (nicht gezeigt). Die Drehkraft dieses Motors wird auf die Schwenkbasis **61** übertragen, um die Schwenkbasis **61** in horizontaler Richtung zu drehen.

[0057] Aufgrund des oben beschriebenen Aufbaues schwenkt der erste Lenker **1**, wenn der Motor, der das Schwenken des ersten Lenkers **1** veranlaßt, betätigt wird, zum distalen Ende oder proximalen Ende des Armes A hin. Wenn sich der erste Lenker **1** zum distalen Ende des Armes A hin dreht, schwenkt der zweite Lenker **2** an der Schwenkstelle, an der er schwenkbar mit dem dritten Lenker **3** verbunden ist, um im wesentlichen den gleichen Schwenkwinkel in im wesentlichen der gleichen Richtung wie der erste Lenker **1**. Infolgedessen bewegt sich der Arm A mit seinem distalen Ende nach oben, während er einen gewissen Winkel zur Horizontalebene beibehält. Gleichzeitig bewegen sich weder der dritte Lenker **3**, noch der vierte Lenker **4** und der fünfte Lenker **5**.

[0058] In ähnlicher Weise, wenn sich der erste Lenker **1** zum proximalen Ende des Armes A hin dreht, schwenkt der zweite Lenker **2** an der Schwenkverbindungsstelle, an der der Schwenkarm mit dem dritten Lenker **3** verbunden ist, über im wesentlichen den gleichen Winkel wie der Schwenkwinkel des ersten Lenkers **1** in im wesentlichen der gleichen Richtung wie die Drehrichtung des ersten Lenkers **1**. Die Schwenkdrehung des zweiten Lenkers **2** wird durch die Bewegung des Armes A begleitet. Genau bewegt sich der Arm A mit seinem proximalen Ende nach oben, während er einen gewissen Winkel relativ zu einer Horizontalebene beibehält. Gleichzeitig bewegen sich weder der dritte Lenker **3**, der vierte Lenker **4** noch der fünfte Lenker **5**.

[0059] Wenn andererseits der Motor M betätigt wird, dreht sich der fünfte Lenker **5** in einer solchen Richtung, dass er dem dritten Lenker **3** sich annähert (nachstehend als positive Richtung" bezeichnet), oder in einer

solchen Richtung, dass er sich vom dritten Lenker **3** entfernt (nachstehend als „negative Richtung“ bezeichnet). Wenn sich der fünfte Lenker **5** in der positiven Richtung dreht, bewegt sich der vierte Lenker **4** nach oben, um dadurch den dritten Lenker **3** so zu drücken, dass er an seiner Schwenklagerstelle relativ zu der Schwenkbasis **61** in der positiven Richtung schwenkt. Infolge dieser Bewegung bewegt sich der zweite Lenker **2** nach oben, während er einen gewissen Winkel relativ zu einer Horizontalebene beibehält, so dass sich das proximale Ende des Armes A anhebt. Der Arm A schwenkt an seiner Schwenkverbindungsstelle relativ zum ersten Lenker **1**, wobei sein distales Ende sich nach unten bewegt. Zu diesem Zeitpunkt bewegt sich der erste Lenker **1** nicht.

[0060] Wenn sich der fünfte Lenker **5** in der negativen Richtung dreht, bewegt sich der vierte Lenker **4** nach unten, wobei er bewirkt, dass der dritte Lenker **3** an seiner Schwenkverbindungsstelle relativ zu der Schwenkbasis **61** in der negativen Richtung schwenkt. Dann bewegt sich der zweite Lenker **2** nach unten, während er einen gewissen Winkel relativ zur Horizontalebene beibehält, so dass das proximale Ende des Armes A nach unten gezogen wird. Der Arm A schwenkt an der Schwenkverbindungsstelle relativ zum ersten Lenker **1**, wobei sich sein distales Ende nach oben bewegt. Zu diesem Zeitpunkt bewegt sich der erste Lenker **1** nicht.

[0061] Anschließend an diese Tätigkeiten dreht sich die Schwenkbasis **61**, und die beweglichen Teile am distalen Ende des Armes A werden betätigt, so dass das Endorgan in eine spezifizierte Position bewegt werden kann.

[0062] Bei dem Roboter des oben beschriebenen Aufbaus kann die Belastung, der der Motor M für das Bewirken des Schwenkens des fünften Lenkers **5** ausgesetzt ist, wesentlich im Vergleich zum Stand der Technik aus folgenden Gründen verringert werden.

[0063] **Fig. 6** ist eine diagrammartige Seitenansicht, die ein Beispiel des Aufbaus des Roboters gemäß der Erfindung zeigt. Wie in **Fig. 6** gezeigt, ist ein Ende des vierten Lenkers **4** schwenkbar mit dem zweiten Lenker **2** und dem dritten Lenker **3** mittels der Schwenkwelle verbunden, um den zweiten Lenker **2** und den dritten Lenker **3** miteinander schwenkbar zu verbinden, während der fünfte Lenker **5** schwenkbar mit dem zweiten Ende des vierten Lenkers **4** mittels der Schwenkwelle verbunden ist, die sich seitwärts erstreckt. **Fig. 6** zeigt einen Fall, wo der Motor M als Betätiger benutzt wird, um das Schwenken des fünften Lenkers **5** zu bewirken.

[0064] Wenn bei dem in **Fig. 6** gezeigten Roboter sich der erste Lenker **1** durch die Betätigung eines Motors M1 dreht, bewegt sich der Arm A in derjenigen Richtung, dass sich der erste Lenker **1** neigt, und wenn sich der fünfte Lenker **5** durch Betätigung des Motors M dreht, dann schwenkt der Arm A an seiner Schwenkverbindungsstelle relativ zum ersten Lenker **1**.

[0065] **Fig. 7** ist eine diagrammartige Seitenansicht, die einen dynamisch ausgeglichenen Zustand des erfindungsgemäßen Roboters darstellt. Wie in **Fig. 7** gezeigt, wirkt, wenn eine Kraft F am distalen Ende des Armes A aufgebracht wird und der fünfte Lenker **5** um einen Winkel θ in Uhrzeigerrichtung (in der Zeichnungsebene) aus einem Zustand heraus geneigt wird, bei dem der fünfte Lenker **5** horizontal gelegen ist, wobei sein Verbindungsende mit dem vierten Lenker **4** dem distalen Ende des Armes A zugewandt ist (nach vorn), ein Lastdrehmoment T an der Schwenkwelle für die schwenkbare Lagerung des fünften Lenkers **5**. Ein Näherungswert des Lastdrehmoments T wird durch die Formel (2) ausgedrückt, wenn der Winkel θ die Bedingung $0^\circ < \theta \leq 180^\circ$ befriedigt, durch die Formel (3) ausgedrückt, wenn der Winkel θ die Bedingung $180^\circ < \theta \leq 240^\circ$ befriedigt, und durch die Formel (4) wenn der Winkel θ die Bedingung $240^\circ < \theta \leq 360^\circ$ befriedigt. Es sei bemerkt, dass die Formeln (2) bis (4) jeweils einen Näherungswert des Lastdrehmomentes T angeben, in Fällen, wo der vierte Lenker **4** und der fünfte Lenker **5** die gleiche Verbindungslänge besitzen und der Schwenklagerpunkt, wo der erste Lenker **1** und der dritte Lenker **3** an der Basis gelagert sind, und die Schwenklagerstelle, wo der fünfte Lenker **5** an der Basis **6** gelagert ist, in der gleichen Horizontalebene gelegen sind.

$$T = \left[F \cdot L \left[-0.4 + L5 \cos \{ \cos^{-1}(f(\theta)) - \cos^{-1}(g(\theta)) \} + L5 \cos \theta \right] \right.$$

$$\left[-L5 \sin \theta - L5 \sin \{ \cos^{-1}(f(\theta)) - \cos^{-1}(g(\theta)) \} \right.$$

$$\left. \left. \left\{ \frac{h(\theta)}{k(\theta)\sqrt{1-f^2(\theta)}} + \frac{n(\theta)}{k(\theta)\sqrt{m(\theta)}} \right\} \right] \right] /$$

$$f(\theta) = \frac{-0.16 - 2L5^2 + L3^2 + 0.8L5 \cos \theta}{2L5 \sqrt{0.16 + L5^2 - 0.8L5 \cos \theta}} \quad \dots (5)$$

$$g(\theta) = \frac{-0.4 + L5 \cos \theta}{\sqrt{0.16 + L5^2 - 0.8L5 \cos \theta}} \quad \dots (6)$$

$$h(\theta) = (0.032 + 0.2L3^2 - 0.16L5 \cos \theta) \sin \theta \quad (7)$$

$$k(\theta) = (0.16 + L5^2 - 0.8L5 \cos \theta)^{3/2} \quad (8)$$

$$m(\theta) = \frac{L3^2 \sin^2 \theta}{0.16 + L3^2 - 0.8L3 \cos \theta} \quad \dots (9)$$

$$n(\theta) = (-L3^3 + 0.4L3^2 \cos \theta) \sin \theta \quad (10)$$

$$p(\theta) = (L3^3 - 0.4L3^2 \cos \theta) \sin \theta \quad (11)$$

[0067] Das so erhaltene Lastdrehmoment T ist sehr klein, verglichen mit dem Lastdrehmoment das an dem Motor für das Bewirken des Schwenkens des dritten Lenkers **3** bei dem üblichen, in [Fig. 1](#) gezeigten Roboter wirksam ist. Dies erklärt sich durch Vergleich der Ergebnisse der Berechnungen des Drehmomentes, die bei einem Baubeispiel des erfindungsgemäßen Roboters (siehe [Fig. 8A](#)) und bei einem Baubeispiel des üblichen Roboters (siehe [Fig. 8B](#)) ausgeführt sind. Bei dem Baubeispiel des erfindungsgemäßen Roboters, das in [Fig. 8A](#) gezeigt ist, beträgt die Länge zwischen der Schwenkverbindungsstelle, wo der Arm A mit dem ersten Lenker **1** verbunden ist, und dem distalen Ende des Armes A 1900 mm; die Verbindungslänge des ersten Lenkers **1** und des zweiten Lenkers **2** beträgt 1100 mm; die Verbindungslänge des Armes A und des dritten Lenkers **3** beträgt 800 mm; die Verbindungslänge L des vierten Lenkers **4** und des fünften Lenkers **5** beträgt 400 mm; der Winkel zwischen dem dritten Lenker **3** und dem vierten Lenker **4**, wenn der Arm A horizontal ist (nachstehend als „Referenzlage“ bezeichnet) beträgt 60° , und der Winkel zwischen dem vierten Lenker **4** und dem fünften Lenker **5**, wenn der Arm A die Referenzlage einnimmt, beträgt 60° . Bei dem Baubeispiel des üblichen Roboters, das in [Fig. 8B](#) gezeigt ist, sind die Größen des Armes A und des ersten bis dritten Lenkers **1–3** die gleichen wie bei dem Baubeispiel des erfindungsgemäßen Roboters. [Fig. 9A](#) bzw. [Fig. 9B](#) zeigen die Ergebnisse der Berechnung des Lastdrehmomentes T bzw. t bei dem erfindungsgemäßen Roboter und dem üblichen Roboter mit den obigen Bauweisen. Bei dieser Berechnung werden die oben beschriebenen Formeln benutzt. Speziell ist das Berechnungsergebnis, das in [Fig. 9A](#) gezeigt ist, der Anteil des Lastdrehmomentes T , das an einer Schwenkwelle JT5 für den fünften Lenker **5** in einem Falle wirksam ist, wo der erfindungsgemäße Roboter seine Stellung beibehält, wenn sich der Roboter aus seiner Referenzlage heraus bewegt, wobei der dritte Lenker **3** über 0° bis 30° in der Richtung des in der Zeichnung gezeigten Pfeiles schwenkt, unter der Bedingung, dass ein Gegenstand mit einer Masse von 500 kg am distalen Ende des Armes A angebracht ist. Das Rechenergebnis, das in [Fig. 9B](#) gezeigt ist, ist der Anteil des Lastdrehmomentes t , das an einer Schwenkwelle JT3 für den dritten Lenker **3** wirkt, wenn der übliche Roboter seine Stellung in der gleichen Situation wie der erfindungsgemäße Roboter beibehält.

[0068] Wie aus [Fig. 9B](#) zu ersehen, beträgt das Lastdrehmoment t des üblichen Roboters 8000 bis 9500 Nm, während das Lastdrehmoment T des erfindungsgemäßen Roboters 4000 bis 4300 Nm beträgt, wie aus [Fig. 9A](#) zu ersehen ist. Demgemäß kann das der Schwenkwelle JT5 für den fünften Lenker **5** des erfindungsgemäßen Roboters auferlegte Lastdrehmoment T in einem beträchtlichen Ausmaß verringert werden, verglichen mit dem Lastdrehmoment t , das an der Schwenkwelle JT3 für den Lenker **3** des üblichen Roboters wirkt. Dank dieses Umstandes kann ein kleinerer Betätiger bei der Erfindung benutzt werden als dies beim Stand der Technik möglich ist.

[0069] Ferner, da das an der Schwenkwelle JT5 für den fünften Lenker **5** des erfindungsgemäßen Roboters wirksame Lastdrehmoment T wesentlich verringert werden kann, verglichen mit dem Lastdrehmoment t , das an der Schwenkwelle JT3 für den dritten Lenker **3** des üblichen Roboters wirksam ist, werden Beanspruchungen, die im fünften Lenker **5**, seiner Schwenkwelle JT5 und den peripheren Gliedern erzeugt werden, verringert,

so dass Steifigkeit usw., die für diese Bauteile erforderlich ist, leichter gewährleistet werden kann und sie kompakter ausgebildet werden können.

[0070] Außerdem kann, wenn man den fünften Lenker **5** mittels des Motors schwenken läßt, das Untersetzungsverhältnis des Untersetzungsgetriebes für die Übertragung der Drehkraft des Motors auf den fünften Lenker **5** kleiner ausgelegt werden als das Untersetzungsverhältnis des Untersetzungsgetriebes, das bei dem üblichen Roboter mit dem dritten Lenker **3** gekuppelt ist, so dass der erfindungsgemäßen Roboter ein Werkstück mit höherer Geschwindigkeit transportieren kann.

[0071] Der Betätiger braucht nicht immer ein Motor zu sein. Ein alternatives Beispiel des Betätigers ist beispielsweise ein hydraulischer oder pneumatischer Zylinder, der in Verbindung mit einem Kurbelmechanismus oder Gestänge benutzt wird und die Linearbewegung des Zylinders in eine Drehbewegung mittels des Kurbelmechanismus oder Gestänges umsetzt, um dadurch den fünften Lenker **5** zu schwenken. Jedoch ist die Benutzung eines Motors im Hinblick auf eine einfache Konfiguration und Verringerung der Herstellungskosten wünschenswerter. Ein Ende des vierten Lenkers **4** ist nicht notwendigerweise mit dem zweiten Lenker **2** und dem dritten Lenker **3** schwenkbar so verbunden, dass es mit der Schwenkverbindung zwischen dem zweiten Lenker **2** und dem dritten Lenker **3** coaxial ist, wie es oben beschrieben ist. Alternativ kann der vierte Lenker **4** mit dem zweiten Lenker **2** schwenkbar verbunden sein, indem eine weitere Schwenkwelle für die Schwenkverbindung zwischen zweitem Lenker **2** und viertem Lenker **4** benutzt wird, getrennt von der Schwenkwelle für die Schwenkverbindung zwischen zweitem Lenker **2** und drittem Lenker **3**. Eine weitere Alternative besteht darin, dass der vierte Lenker **4** schwenkbar mit dem dritten Lenker **3** mit einer Schwenkwelle verbunden ist, die ausschließlich für die Schwenkverbindung zwischen dem dritten Lenker **3** und dem vierten Lenker **4** verwendet wird und zu der Schwenkwelle unterschiedlich ist, die für die Schwenkverbindung zwischen zweitem Lenker **2** und drittem Lenker **3** vorgesehen ist. Im Hinblick auf die Verringerung der Anzahl der Einzelteile und der Verringerung der Herstellungskosten ist es wünschenswert, eine Konstruktion zu wählen, bei der der vierte Lenker **4** schwenkbar mit dem zweiten Lenker **2** verbunden ist und der dritte Lenker **3** die Schwenkwelle ausnutzt, die für die Schwenkverbindung zwischen dem zweiten Lenker **2** und dem dritten Lenker **3** verwendet wird.

[0072] Je größer der Abstand zwischen der Stellung, wo das zweite Ende des fünften Lenkers **5** schwenkbar an der Basis **6** gelagert ist, und der Stelle ist, wo der erste Lenker **1** und der dritte Lenker **3** schwenkbar an der Basis **6** gelagert sind, desto größer wird die Baugröße der Basis. Dies führt zu einer Zunahme der Größe des Roboters selbst. Wenn das zweite Ende des fünften Lenkers **5** an der Basis **6** an einer Stelle schwenkbar gelagert ist, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo der erste Lenker **1** und der dritte Lenker **3** schwenkbar an der Basis **6** gelagert sind, wobei der Abstand größer ist als die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3**, dann ist der Bewegungsbereich des Roboters aus folgendem Grund klein.

[0073] **Fig. 10** ist eine diagrammartige Seitenansicht, die einen Bewegungsbereich für den erfindungsgemäßen Roboter darstellt. Wenn das zweite Ende des fünften Lenkers **5** schwenkbar an der Basis **6** mittels einer Schwenkwelle O1 gelagert ist, wie es in **Fig. 10** mit ausgezogenen Linien angegeben ist, wobei die Schwenkwelle O1 an einer Stelle gelegen ist, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo der erste Lenker **1** und der dritte Lenker **3** schwenkbar an der Basis **6** gelagert sind, wobei der Abstand kürzer ist als die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3**, ist die Längsrichtung des Armes A im wesentlichen vertikal, wenn vierter Lenker **4** und fünfter Lenker **5** miteinander fluchten (d. h. wenn der Roboter die Grenze seines Bewegungsreiches erreicht).

[0074] Wenn andererseits das zweite Ende des fünften Lenkers **5** an der Basis **6** schwenkbar mittels einer Schwenkwelle O2 gelagert ist, wie es in **Fig. 10** durch strichpunktierte Linien angegeben ist, wobei die Schwenkwelle O2 an einer Stelle gelegen ist, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo erster Lenker **1** und dritter Lenker **3** schwenkbar an der Basis **6** gelagert sind, wobei der Abstand größer ist als die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3**, dann wird der Neigungswinkel des Armes A kleiner als der Neigungswinkel des Armes A, wie er mit ausgezogener Linie angegeben ist, wenn vierter Lenker **4** und fünfter Lenker **5** fluchten.

[0075] Demgemäß läßt sich ein ausreichender Bewegungsbereich für den Roboter sicherstellen, indem das zweite Ende des fünften Lenkers **5** an der Basis **6** an einer Stelle schwenkbar gelagert wird, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo erster Lenker **1** und dritter Lenker **3** an der Basis **6** schwenkbar gelagert sind, wobei der Abstand kürzer ist als die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3**.

[0076] Vorzugsweise befindet sich die Stelle, an der das zweite Ende des fünften Lenkers **5** schwenkbar an der Basis **6** gelagert ist, in einem Abstand von der Stelle, wo erster Lenker **1** und dritter Lenker **3** schwenk-

bar an der Basis **6** gelagert sind, wobei der Abstand kürzer ist, als diejenige Länge, die das 0,8-fache der Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** beträgt. Dies ermöglicht es, einen besseren Bewegungsbereich für den Roboter sicher zu stellen.

[0077] Je länger die Verbindungslänge des fünften Lenkers **5** ist, desto stärker nimmt das Belastungsdrehmoment zu, das an dem Betätiger (Motor M) zum Bewirken des Schwenkens des fünften Lenkers **5** wirksam ist. Je kürzer die Verbindungslänge des fünften Lenkers **5**, desto kleiner ist der Bewegungsbereich des Armes A. Aus diesem Grunde sollte die Verbindungslänge des fünften Lenkers **5** unter Berücksichtigung der Ausgangsleistung des Motors M und des Bewegungsbereiches des Armes A festgesetzt werden. Daher kann, indem die Verbindungslänge des fünften Lenkers **5** so gewählt wird, dass sie das 0,3 bis 0,8-fache der Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** beträgt, verhindert werden, dass das am Motor M wirkende Lastdrehmoment übermäßig ansteigt, und es kann verhindert werden, dass der Bewegungsbereich des Armes A zu klein wird.

[0078] Je kürzer die Verbindungslänge des vierten Lenkers **4**, desto kleiner ist der Bewegungsbereich des Armes A. Je größer die Verbindungslänge des vierten Lenkers **4**, desto größer ist der Bewegungsbereich des Armes A, jedoch auch die Baugröße des Roboters selbst. Ferner, je größer die Verbindungslänge des vierten Lenkers **4** relativ zur Verbindungslänge des fünften Lenkers **5** wird, desto kleiner wird der Winkel, welcher durch den vierten Lenker **4** und den fünften Lenker **5** gebildet wird. Allgemein ist es unerwünscht, dass ein Gestänge einen übermäßig spitzen Winkel zwischen zwei Lenkern im Hinblick auf die Steifigkeit des Gestänges aufweist. Aus diesem Grund sollte die Verbindungslänge des vierten Lenkers **4** unter Berücksichtigung des Bewegungsbereiches des Armes A, der Größe des Roboters, der Steifigkeit des Gestänges und weiterer Faktoren gewählt werden. Durch Festsetzen der Verbindungslänge des vierten Lenkers **4** auf das 0,9 bis 1,1-fache der Verbindungslänge des fünften Lenkers **5** kann verhindert werden, dass der Bewegungsbereich des Armes A übermäßig klein wird, kann verhindert werden dass die Baugröße des Roboters selbst zunimmt, und es kann praktisch ausreichende Steifigkeit für die Stelle sichergestellt werden, an der der vierte Lenker **4** und der fünfte Lenker **5** miteinander gekuppelt sind.

[0079] In Fällen, wo der dritte Lenker **3** so ausgelegt ist, dass er unmittelbar durch einen Betätiger gedreht wird, wie es in [Fig. 1](#) bei einem verhältnismäßig groß dimensionierten Roboter gezeigt ist, der eine Massenbelastung von 100 kg oder mehr besitzt, ist das dem Betätiger auferlegte Lastdrehmoment zu hoch, um durch die Ausgangsleistung eines üblicherweise benutzten Betätigers bewältigt zu werden. Durch Anwendung einer solchen Anordnung, bei der der fünfte Lenker **5** durch einen Betätiger gedreht und der dritte Lenker **3** durch den vierten Lenker **4** und den fünften Lenker **5** gedreht werden, wird es möglich, einen kleiner dimensionierten Betätiger vorzusehen und eine Verringerung der Herstellungskosten zu erwarten. Zusätzlich kann das Ausgleichsgewicht kleiner ausgebildet werden, so dass zu erwarten ist, dass keine Vergrößerung der Baugröße des Roboters erforderlich ist.

[0080] Bei den meisten Robotern mit einer Massenbelastung von 100 kg oder mehr liegt die Verbindungslänge des dritten Lenkers **3** im Bereich 300 bis 1000 mm. In diesem Fall ist es wünschenswert, dass die Verbindungslängen von viertem Lenker **4** und fünftem Lenker **5** 150 bis 750 mm betragen und dass der durch den dritten Lenker **3** und den vierten Lenker **4** gebildete Winkel und der Winkel, der durch den vierten Lenker **4** und den fünften Lenker **5** gebildet wird, wenn der Roboter die Referenzstellung einnimmt, 30° bis 70° beträgt. Die Größe des Roboters selbst und der Bewegungsbereich des Roboters lassen sich in geeigneter Weise festlegen, indem die obigen Verbindungslängen und Winkel innerhalb der vorgenannten Bereiche entsprechend den Abmessungen und Spezifikationen usw. der Teile festgesetzt werden, die den Roboter bilden.

[0081] Es versteht sich, dass die Erfindung in vielerlei abgewandelten Formen von Ausführungsbeispielen verwirklicht werden kann, ohne der Bereich der Erfindung zu verlassen, wie sie durch die Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Roboter mit einer Basis (**1**), einem stangenförmigen Arm (A), der ein distales Ende und ein proximales Ende besitzt, einem ersten Lenker (**1**), dessen eines Ende mit einem Zwischenabschnitt des Armes (A) schwenkbar verbunden ist, während das zweite Ende schwenkbar an der Basis (**6**) gelagert ist, einem zweiten Lenker (**2**), dessen eines Ende schwenkbar mit dem proximalen Ende des Armes (A) verbunden ist, und einem dritten Lenker (**3**), dessen eines Ende schwenkbar mit dem zweiten Ende des zweiten Lenkers (**2**) verbunden ist, während das zweite Ende schwenkbar an der Basis (**6**) so gelagert ist, dass es mit dem zweiten Ende des ersten Lenkers (**1**) koaxial ist, wobei der Arm (A), der erste Lenker (**1**), der zweite Lenker (**2**) und der dritte Lenker (**3**) ein Vier-Lenker-Gestänge bilden, wobei ein vierter Lenker (**4**) vorgesehen ist, dessen erstes Ende

schwenkbar mit dem zweiten Ende des zweiten Lenkers (2) und dem ersten Ende des dritten Lenkers (3) oder zumindest mit einem dieser Enden verbunden ist, wobei ein fünfter Lenker (5) vorgesehen ist, dessen erstes Ende schwenkbar mit dem zweiten Ende des vierten Lenkers (4) verbunden ist, während das zweite Ende schwenkbar an der Basis (6) gelagert ist, und wobei ein Betätiger (M) vorgesehen ist, um zu bewirken, dass sich der fünfte Lenker (5) an seinem zweiten Ende schwenkt, **dadurch gekennzeichnet**, dass, um das auf den Betätiger (M) wirkende Lastmoment im Vergleich zu dem bei unmittelbar angetriebenem dritten Lenker (3) wirkenden Lastmoment zu verringern, die Verbindungslänge des fünften Lenkers (5) kürzer ist als diejenige des dritten Lenkers (3) und dass, um einen ausreichenden Bewegungsbereich des Armes (A) zur Verfügung zu stellen, das zweite Ende des fünften Lenkers (5) an der Basis (6) an einer Stelle schwenkbar gelagert ist, die sich in einem Abstand von der Stelle befindet, wo der erste Lenker (1) und der dritte Lenker (3) schwenkbar an der Basis (6) gelagert sind, wobei der Abstand kürzer ist als die Verbindungslänge des dritten Lenkers (3).

2. Roboter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungslänge des fünften Lenkers (5) das 0,3 bis 0,8-fache der Verbindungslänge des dritten Lenkers (3) beträgt.

3. Roboter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungslänge des vierten Lenkers (4) das 0,9 bis 1,1-fache der Verbindungslänge des fünften Lenkers (5) beträgt.

4. Roboter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Massenbelastung des Roboters 100 kg oder mehr beträgt.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

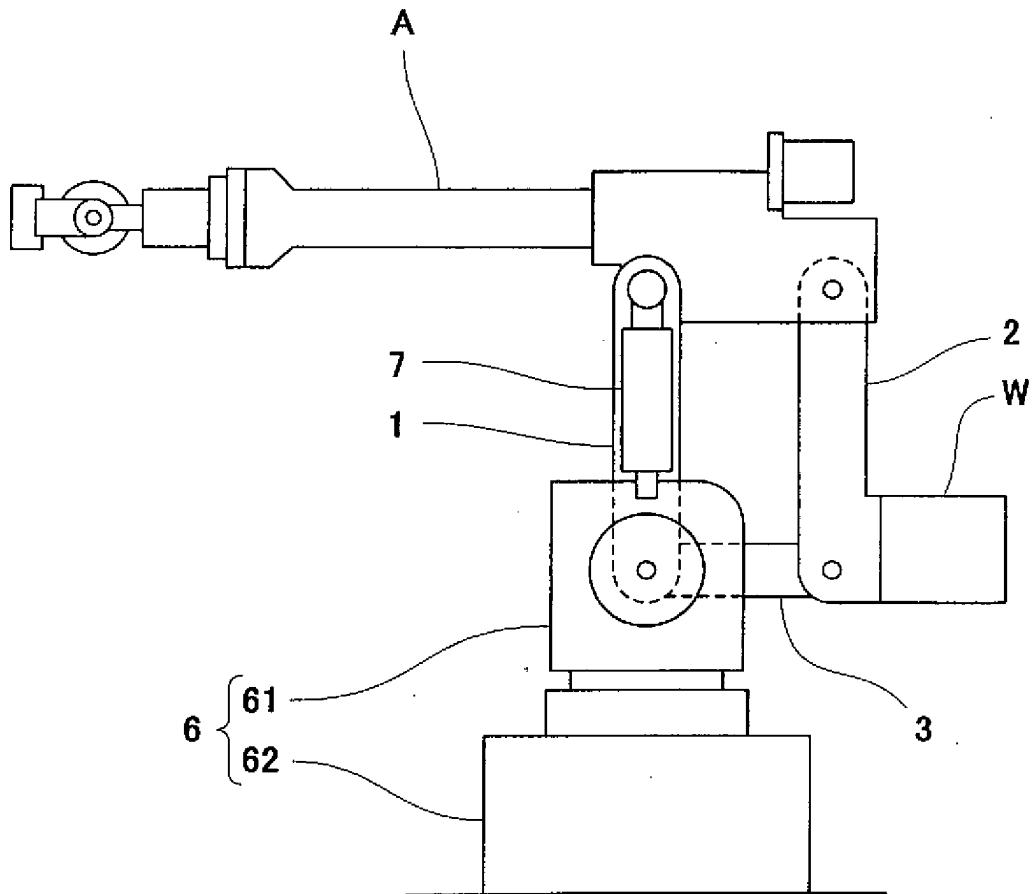


FIG. 1
Stand der Technik

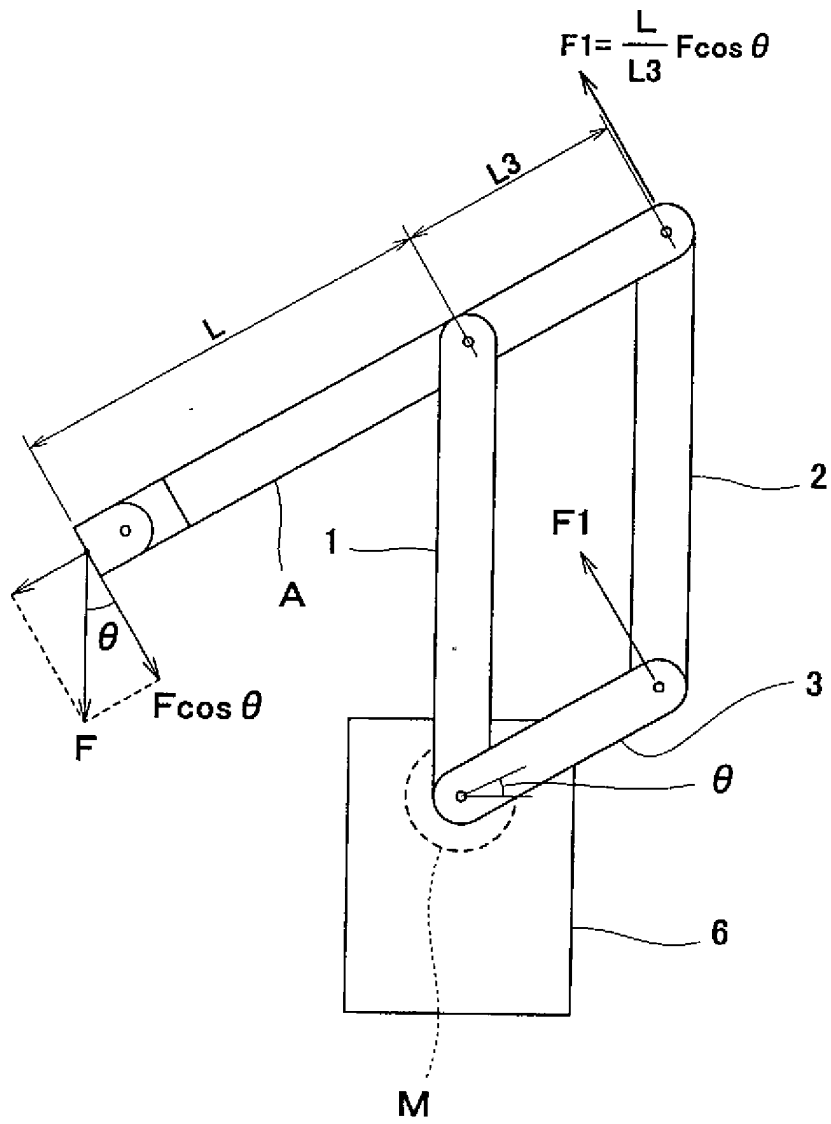


FIG. 2
Stand der Technik

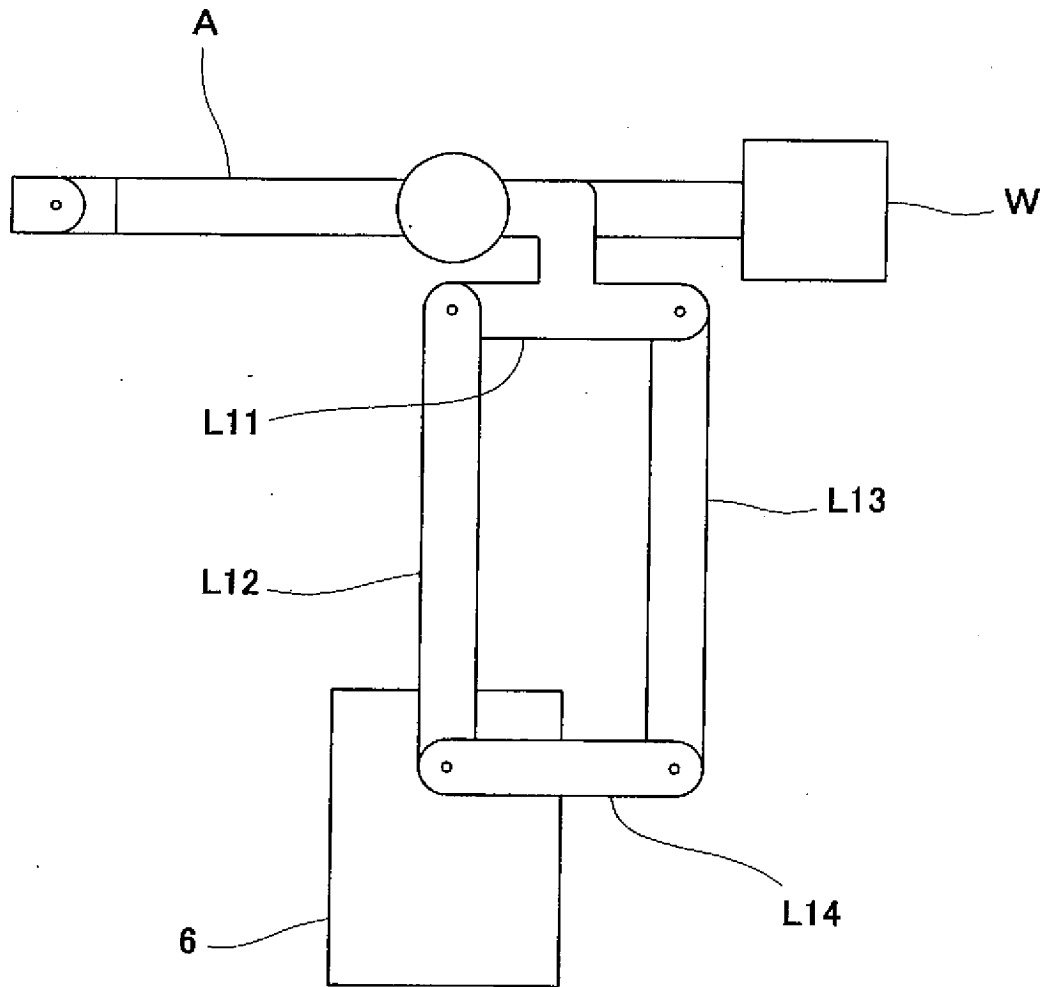


FIG. 3
Stand der Technik

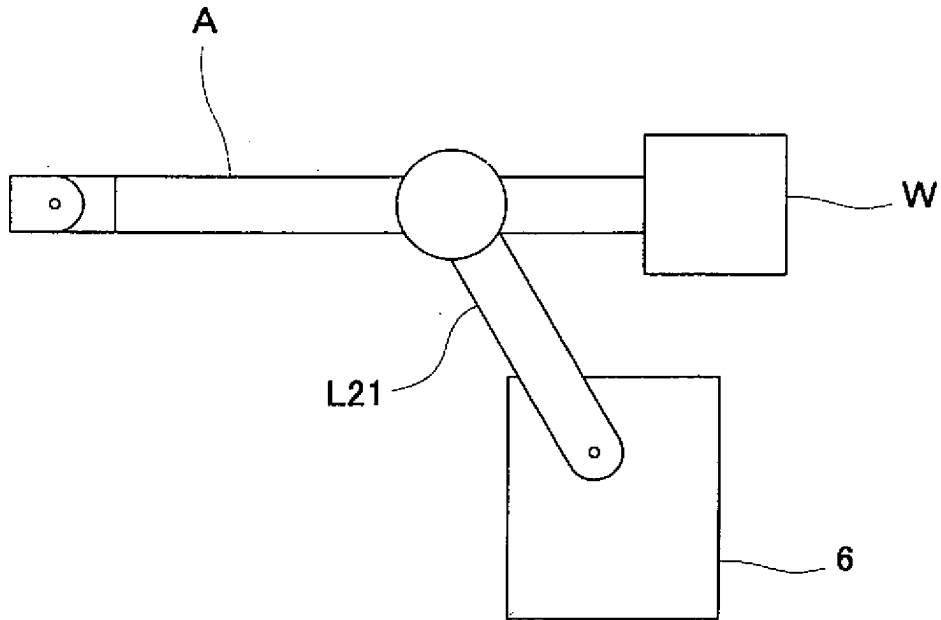


FIG. 4

Stand der Technik

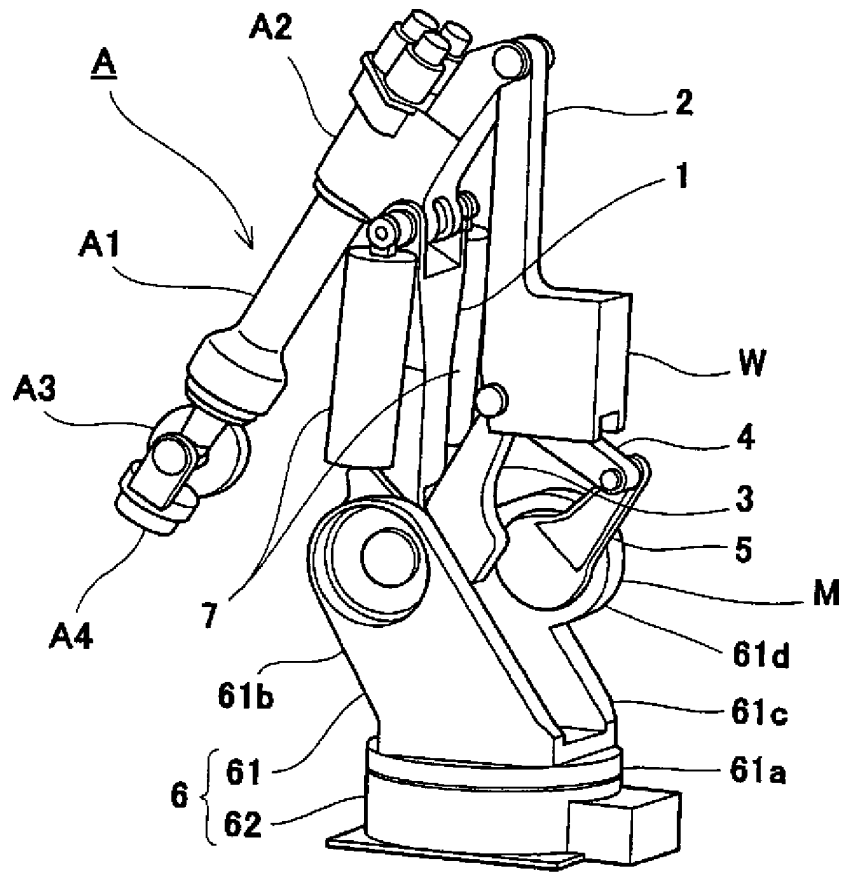


FIG. 5

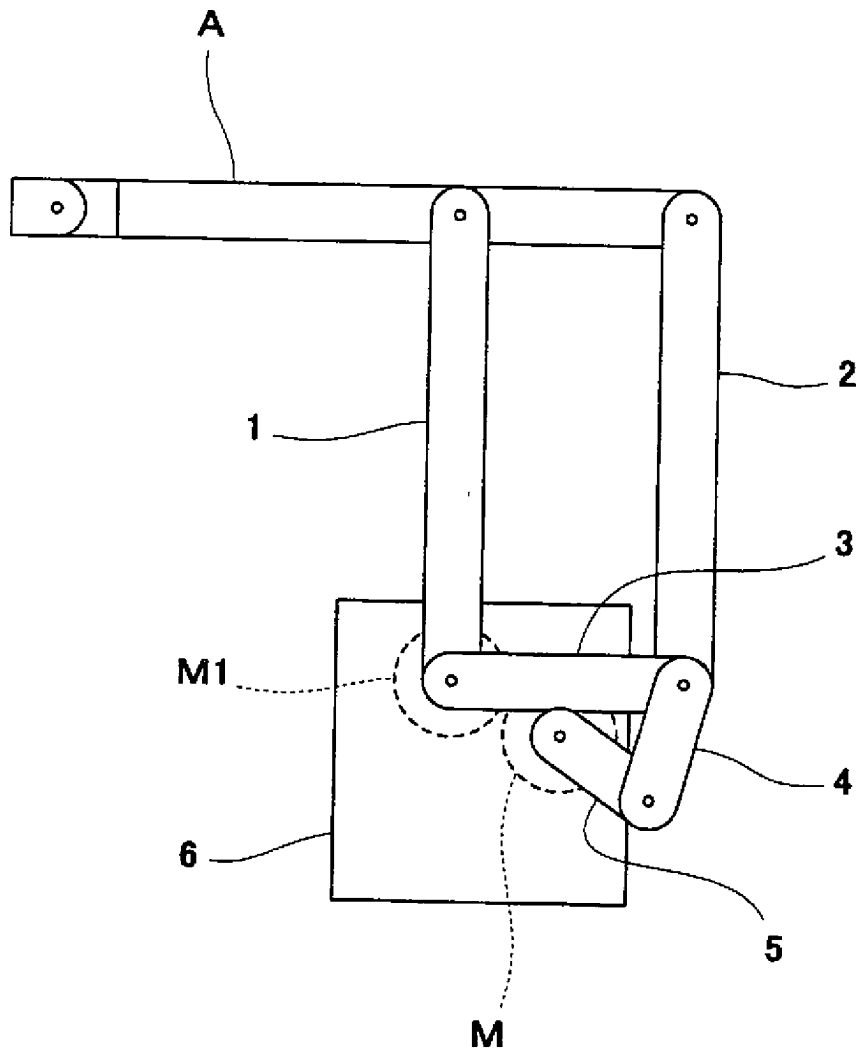


FIG. 6

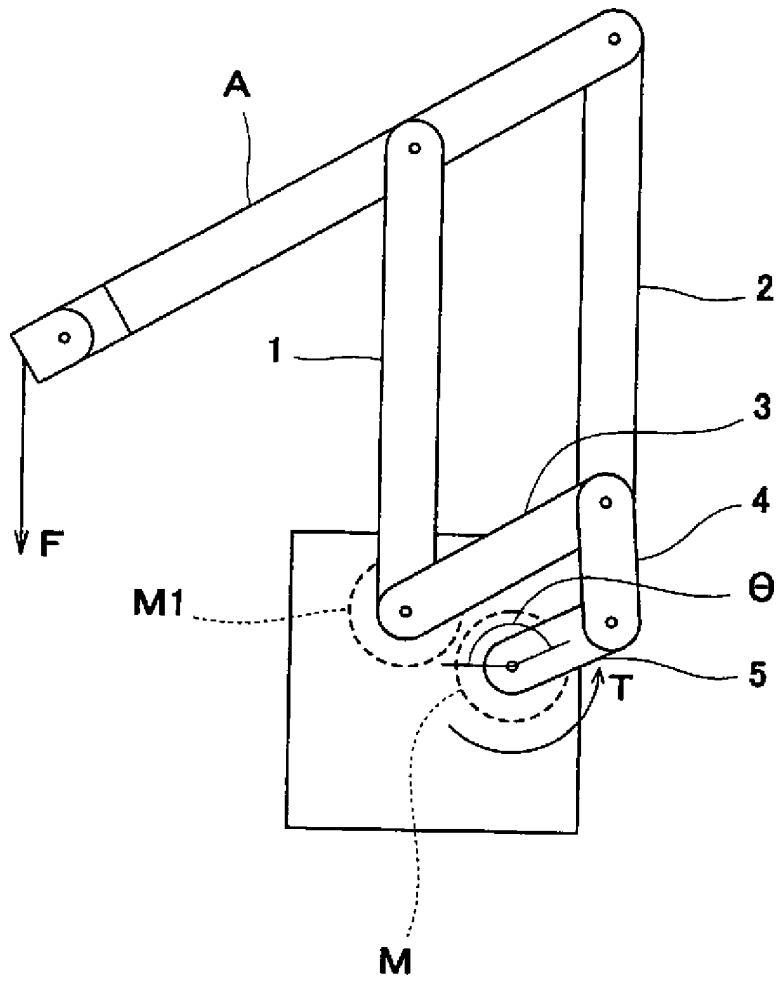


FIG. 7

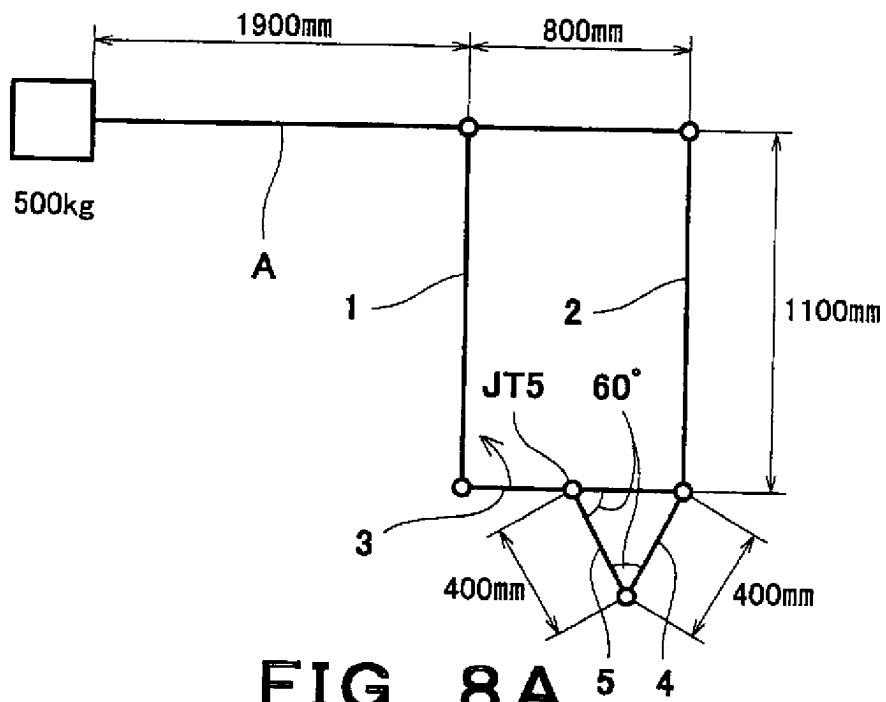


FIG. 8A

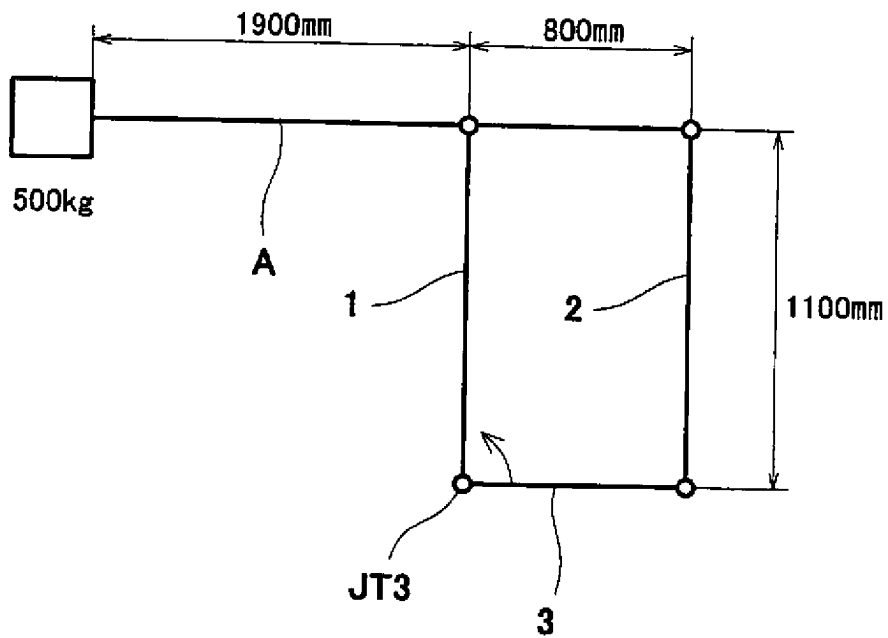


FIG. 8B

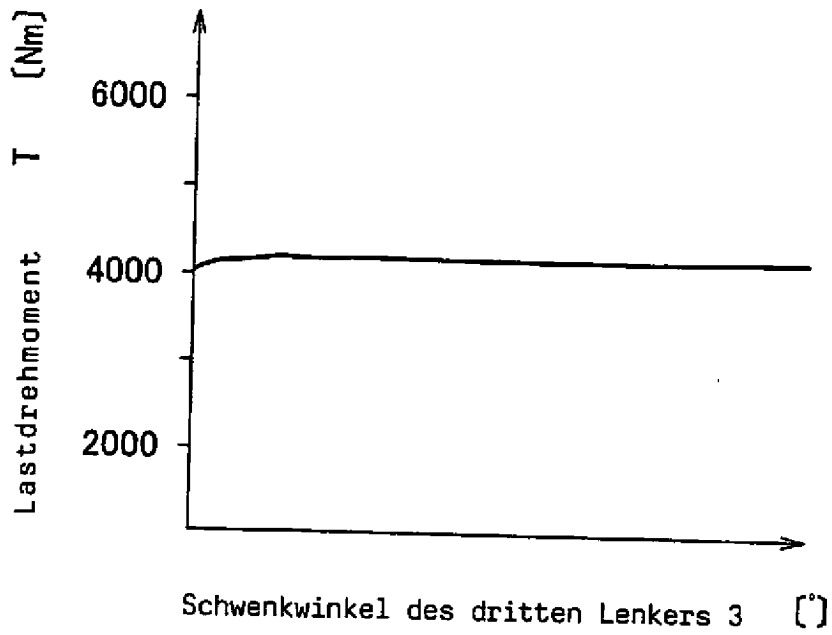


FIG. 9A

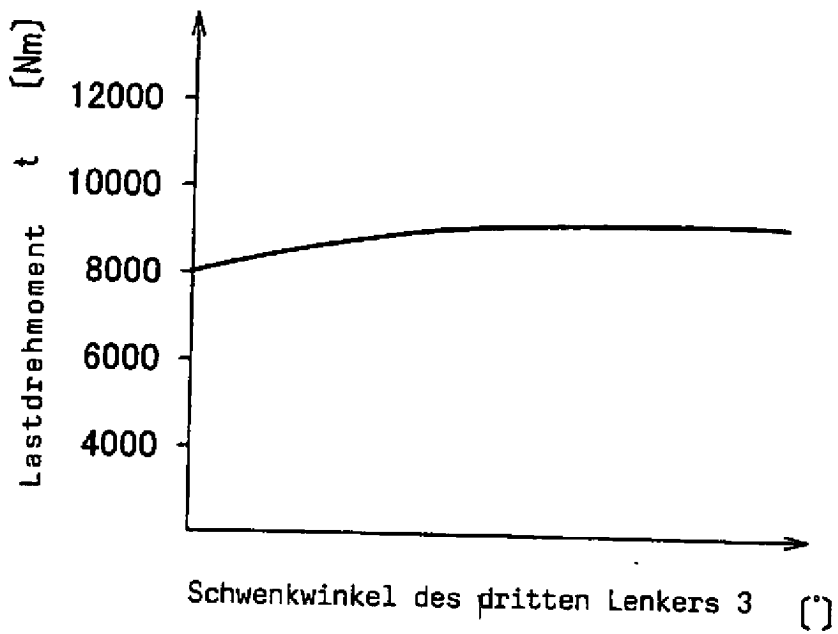


FIG. 9B

