

(12)

## Patentschrift

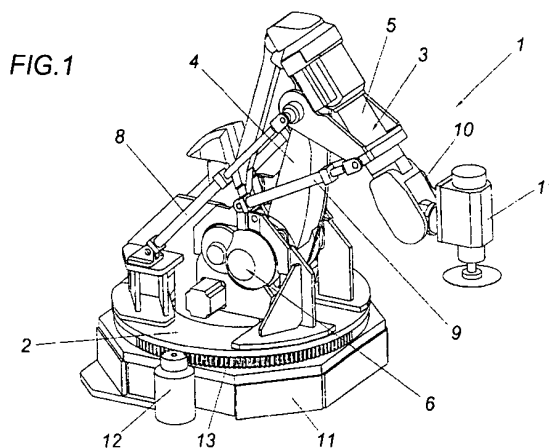
- (21) Anmeldenummer: A 1072/2005 (51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **B25J 9/00** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 2005-06-27  
(43) Veröffentlicht am: 2008-09-15

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 2851063A1 DE 3316460A1  
US 4828453A

(73) Patentanmelder:  
FILL GESELLSCHAFT M.B.H.  
A-4942 GURTEN (AT)

### (54) MANIPULATOR ZUR HANDHABUNG VON WERKZEUGEN ODER WERKSTÜCKEN

- (57) Die Erfindung betrifft einen Manipulator (1) zur Handhabung von Werkzeugen oder Werkstücken mit einem einerseits auf einer Basis (2) schwenkbar gelagerten, wenigstens doppelarmigen Ausleger (3) dessen Arme (4, 5) schwenkverstellbar miteinander verbunden sind, wobei die wenigstens zwei Schwenklager mit den Schwenkachsen zugeordneten Schwenkantrieben (6, 7) für die Arme (4, 5) ausgestattet sind. Um vorteilhafte Konstruktionsverhältnisse zu schaffen, wird vorgeschlagen, daß den Armen (4, 5) zusätzlich zu den Schwenkantrieben (6, 7) wenigstens ein Lineartrieb (8, 9) zugeordnet ist, der einerseits an einem Arm (4, 5) und andererseits an einem anderen Arm oder an der Basis (2) angreift, wobei Lineartrieb und wenigstens ein Schwenkantrieb (6, 7) im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung ansteuerbar sind.



Die Erfindung bezieht sich auf einen Manipulator zur Handhabung von Werkzeugen oder Werkstücken mit einem einerseits auf einer Basis schwenkbar gelagerten, wenigstens doppelarmigen Ausleger dessen Arme schwenkverstellbar miteinander verbunden sind, wobei die wenigstens zwei Arme mit den Schwenkachsen zugeordneten Schwenkantrieben ausgestattet sind.

Derartige Manipulatoren sind aus der Praxis hinlänglich bekannt und finden für Roboter Verwendung. Der Manipulator trägt dabei mit einer an die Arme des Manipulators anschließenden Manipulatorhand üblicherweise entweder ein Werkzeug zum Bearbeiten eines Werkstückes (DE 100 20 879 A1) oder ein Werkstück selbst und führt dieses zur Bearbeitung relativ zu einer ortsfesten Bearbeitungsmaschine (DE 92 04 108 U1). Grundsätzlich können dabei Arbeitsoperationen wie Sägen, Fräsen, Bohren, Gewindeschneiden, Entgraten u. dgl. mehr durchgeführt werden, wobei sich diese Manipulatoren zur Bearbeitung von Werkstücken mit verhältnismäßig kleinen Stückzahlen eignen, bei denen nur geringe Anforderungen an die Maßhaltigkeit gestellt werden, wie dies beispielsweise für die Grobbearbeitung von Werkstücken der Fall ist. Dies rührt daher, daß die üblichen Roboter als einfache Manipulatoren ausgelegt sind, also im wesentlichen dazu dienen Werkstücke von A nach B zu verlagern, weshalb sie, insbesondere wegen ihrer geringen Eigensteifigkeit, üblicher Weise lediglich mit einer Wiederholgenauigkeit von  $\pm 0,1$  mm arbeiten, was zur Folge hat, daß keine engen Maßtoleranzen eingehalten werden können. Dies wird durch den Umstand verstärkt, daß der Manipulator bei spanabhebender Bearbeitung wegen der geringen Eigensteifigkeit zu Schwingungen angeregt werden kann, was sich wiederum negativ auf die Maßhaltigkeit auswirkt.

Anordnungen zur spielfreien mechanischen Drehmomentübertragung, insbesondere für Roboter und Manipulatoren sind ebenfalls bereits bekannt (DD 241 993 A3), mit denen insbesondere große Drehmomente auf engem Raum und mit hohen Geschwindigkeiten über einen Drehwinkel von nahezu  $360^\circ$  übertragen werden können. Dies wird im wesentlichen dadurch erreicht, daß zwei Zugmittel gegenläufig gespannt und parallel zueinander angeordnet sowie beidseits unter Bildung eines Umschlingungswinkels von mindestens  $180^\circ$  um zwei Zugmittelscheiben gelegt und mittels Form- und Kraftschluß bewirkender Spannelemente in den Treibscheiben befestigt sind. Mit derartigen Anordnungen läßt sich zwar das Spiel der Schwenkantriebe minimieren, eine wesentliche Verbesserung der Wiederholgenauigkeit läßt sich damit aber nicht erreichen.

Ausgehend von einem Stand der Technik der eingangs geschilderten Art liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Manipulator zur Handhabung von Werkzeugen oder Werkstücken zu schaffen, der mit möglichst einfachen Mitteln eine gegenüber dem Stand der Technik gesteigerte Wiederholgenauigkeit bei erhöhter Steifigkeit aufweist. Zudem soll die Möglichkeit bestehen, herkömmliche Manipulatoren bei Bedarf mit verhältnismäßig geringem Aufwand mit der Erfindung nachrüsten zu können.

Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, daß den Armen zusätzlich zu den Schwenkantrieben wenigstens ein Lineartrieb zugeordnet ist, der einerseits an einem Arm und andererseits an einem anderen Arm oder an der Basis angreift, wobei Lineartrieb und wenigstens ein Schwenkantrieb im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung ansteuerbar sind.

Mit der Erfindung wird in besonders einfache Weise ein Manipulator geschaffen, der einerseits zur Fertigung von Werkstücken mit engeren Toleranzen geeignet ist, da die Steifigkeit des Auslegers durch das zusätzliche Vorsehen des Lineartriebes in Folge der Vorspannung des Auslegers durch die gegenseitige Kraftaufprägung von Schwenkantrieben und Lineartrieb wesentlich erhöht wird. Andererseits wird durch den zusätzlich vorgesehenen Lineartrieb eine wesentliche Erhöhung der Steifigkeit der Roboterkinematik selbst durch eine mechanische Stabilisierung derselben erzielt. Dadurch können insbesondere spanabhebende Bearbeitungen von Werkstücken mit erhöhter Arbeitsleistung unter Einhaltung geforderter Maßtoleranzen vorgenommen werden. Die Schwenkantriebe umfassen üblicherweise koaxiale Getriebe, die im

Bereich der Schwenkachsen angeordnet sind. Durch die gegenseitige Kraftaufprägung von Lineartrieb und Schwenkantrieb erhöht sich die Stabilität der Getriebe durch eine mechanische Vorspannung. Vorzugsweise werden als Linearantrieb Hydraulikzylinder eingesetzt, es könnten jedoch auch Spindeln, Federn oder andere beliebige Linearaktuatoren vorgesehen sein. Neben der Erhöhung der Getriebesteifigkeit im Arbeitspunkt verringern sich zudem die Betriebsbelastungen auf die Getriebe und erhöht sich somit die Standzeit des Manipulators, da die Lineartriebe, insbesondere die Hydraulikzylinder, Betriebskräfte direkt aufnehmendes Grundgestell ableiten können. Zusätzlich wirken die Hydraulikzylinder als Dämpfungselemente gegen die bei der Bearbeitung auftretenden Schwingungen. Dadurch daß die Lineartriebe zusätzlich zu den Schwenkantrieben vorgesehen sind, besteht zudem die Möglichkeit bestehende Manipulatorsysteme mit den erfindungsgemäßen zusätzlichen Lineartrieben auszustatten und somit die Manipulatorsteifigkeit zu erhöhen und die Wiederholgenauigkeit bei der Positionierung von Werkstücken oder Werkzeugen zu verbessern.

Besonders vorteilhafte Konstruktionsverhältnisse ergeben sich, wenn der Lineartrieb einerseits im Nahbereich der Schwenkachse an einem ersten Arm und andererseits unter Freilassung wenigstens einer Schwenkachse im Nahbereich der Schwenkachse an einem zweiten Arm oder an der Basis angreift. Der Lineartrieb sollte dabei mit seinen Anlenkpunkten am Manipulator derart angeordnet sein, daß seine Anlenkpunkte zusammen mit dem direkt im Sinne einer gegensinnigen Kraftaufprägung zusammenwirkenden Schwenkantrieb ein möglichst großes Kraftdreieck bildet, das nicht nur den Schwenkantrieb bzw. die Schwenkantriebe sondern auch den Ausleger bzw. dessen Arme mechanisch vorspannt. Die Vorspannung der einzelnen Arme kann dabei gegeneinander und/oder gegen die Basis erfolgen.

Um sicherzustellen, daß dem Arm in Folge der gegenseitigen Kraftaufprägung von Lineartrieb und Schwenkantrieb keine Biegemomente um die Armlängsachsen aufgeprägt werden, empfiehlt es sich, wenn je zwei Lineartriebe zu einer Betätigungseinheit zusammengefaßt sind, die zueinander symmetrisch beidseits des Auslegers angeordnet sind. Damit ist gewährleistet, daß die Arme des Auslegers lediglich auf Biegung und nicht auf Torsion beansprucht werden. Selbstverständlich könnten auch Lineartriebe vorgesehen sein, die direkt im Bereich einer Armlängsachse am Arm angreifen.

Um den Ausleger nicht nur in der Schwenkebene der Auslegerarme, sondern auch quer dazu verspannen zu können und somit die Wiederholgenauigkeit noch weiter zu steigern, können die Betätigungsachsen der Lineartriebe unter einem Spitzen Winkel zueinander angeordnet sein. Die Lineartriebe einer Betätigungseinheit greifen dabei beispielsweise mit einem größeren Abstand zueinander an einer Basis an, als sie an einem Arm des Auslegers angreifen, wodurch sich bei einer Kraftaufprägung auf den Lineartrieb eine zusätzliche Stabilisierung des Manipulators quer zur Armschwenkebene ergibt.

Üblicherweise bildet die Basis eine Art Karussell, die auf einem Gestell drehbar gelagert ist, wodurch der gesamte Manipulator um eine üblicherweise zu den Schwenkachsen der Ausleger senkrechte Achse drehbar gelagert ist. Um nun auch Drehbewegungen um diese Achse im Zuge der Bearbeitung von Werkstücken möglichst gering zu halten, kann für die auf einem Gestell drehbar gelagerte Basis ein wenigstens zwei Drehantriebe umfassender Antrieb vorgesehen sein, wobei die beiden Drehantriebe im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung antreibbar sind, wodurch einerseits das konstruktionsbedingte Spiel zwischen Zahnkranz und eingreifendem Ritzel eliminiert wird und andererseits eine besonders exakte Positionierung um diese Achse möglich wird. Besonders einfache Konstruktionsverhältnisse ergeben sich, wenn der Basis ein Zahnkranz zugeordnet ist, in den ein vorzugsweise am Gestell befestigter Hilfsantrieb eingreift, wobei der Drehantrieb der Basis und der Hilfsantrieb im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung angetrieben sind.

Der Zeichnung ist die Erfindung anhand eines schematischen Ausführungsbeispieles dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Manipulator in Schrägansicht,  
 Fig. 2 den Manipulator aus Fig. 1 in Forderansicht,  
 Fig. 3 den Manipulator in Seitenansicht und  
 Fig. 4 und 5 Verdrehwinkel/Drehmoment-Diagramme von Schwenkantrieben für die Arme eines  
 Manipulators ohne und mit Vorspannung durch einen Lineartrieb.

Ein Manipulator 1 zur Handhabung von Werkzeugen oder Werkstücken umfaßt einen einerseits auf einer Basis 2 schwenkbar gelagerten Ausleger 3, dessen beide Arme 4, 5 schwenkverstellbar miteinander verbunden sind. Die zwei nicht explizit dargestellten Schwenklager der Arme 4, 5 sind mit den Schwenkachsen der Arme 4, 5 zugeordneten Schwenkantrieben 6, 7 ausgestattet. Zusätzlich zu den Schwenkantrieben 6, 7 der Arme 4, 5 sind Lineartriebe 8, 9 in Form von Hydraulikzylindern vorgesehen, die einerseits an einem Arm 4, 5 und andererseits an der Basis 2 angreifen, wobei die Lineartriebe 8, 9 und die Schwenkantriebe 6, 7 im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung ansteuerbar sind. Durch diese Maßnahme werden die Getriebe vorgespannt, wodurch sich die Getriebesteifigkeit im Vorspannungspunkt erhöht. Zudem wird die Steifigkeit der Gesamtkonstruktion verbessert und die Betriebsbelastungen auf die Schwenkantriebe 6, 7 sinken, da die Hydraulikzylinder Betriebskräfte direkt aufnehmen und in die Basis 2 ableiten. Weiters wirken die Hydraulikzylinder als Dämpfungselemente gegen die bei der Bearbeitung auftretenden Schwingungen.

Die Lineartriebe 8, 9 greifen einerseits im Nahbereich der Schwenkachse an einem ersten Arm 4, 5 und andererseits unter Freilassung wenigstens einer Schwenkachse an der Basis 2 an. An dem Arm 5 ist eine Manipulatorhand 10 angeordnet, die im dargestellten Ausführungsbeispiel ein Bearbeitungswerkzeug 11 aufnimmt. Genauso könnte die Manipulatorhand 10 allerdings auch ein Werkstück aufnehmen und einer feststehenden Bearbeitungsstation zuführen.

Je zwei Hydraulikzylinder 8, 9 sind zu einer Betätigungseinheit zusammengefaßt, die zueinander symmetrisch beidseits des Auslegers 3 angeordnet sind (siehe insbesondere Fig. 2). Sind die Betätigungsachsen der Lineartriebe 8, 9 unter einem spitzen Winkel zueinander angeordnet (Fig. 2) so wird durch diese Schrägstellung der Lineartriebe 8, 9 gegenüber dem Ausleger 3 eine verbesserte Seitenstabilität des Manipulators 1 erzielt. Um das Drehspiel des Manipulators 1 samt seiner Basis 2 auf einem Gestell 11 zu verringern, wobei die Basis 2 karussellartig auf dem Gestell 11 drehbar angetrieben gelagert ist, ist zusätzlich zu einem nicht näher dargestellten Drehantrieb für die Basis 2 ein Hilfsantrieb 12 vorgesehen, der in einen Zahnkranz 13 eingreift und der im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung mit dem Drehantrieb der Basis 2 angetrieben ist.

Den Fig. 4 und 5 sind Getriebebeschaulbilder ohne und mit hydraulischer Vorspannung zu entnehmen, wobei mit V das Verdrehspiel des Getriebes um eine Ruhelage bezeichnet ist. Ohne hydraulische Vorspannung Fig. 4 ergibt sich bei einem vorgegebenen Lastmoment ML ein die Wiederholgenauigkeit des Manipulatorarms wesentlich bestimmendes Verdrehspiel  $\Delta\Phi$ . Wird dasselbe Getriebe mit einem erfindungsgemäßen Lineartrieb zusätzlich vorgespannt ergibt sich bei einem Vorspannmoment MV und einem gleichen Lastmoment ML ein um ein vielfaches Reduziertes Verdrehspiel  $\Delta\Phi$  in Folge der Vorspannung (Fig. 5).

## Patentansprüche:

1. Manipulator zur Handhabung von Werkzeugen oder Werkstücken mit einem einerseits auf einer Basis schwenkbar gelagerten, wenigstens doppelarmigen Ausleger dessen Arme schwenkverstellbar miteinander verbunden sind, wobei die wenigstens zwei Arme mit den Schwenkachsen zugeordneten Schwenkantrieben ausgestattet sind, *dadurch gekennzeichnet*, daß den Armen (4, 5) zusätzlich zu den Schwenkantrieben (6, 7) wenigstens ein Lineartrieb (8, 9) zugeordnet ist, der einerseits an einem Arm (4, 5) und andererseits an einem anderen Arm oder an der Basis (2) angreift, wobei Lineartrieb und wenigstens ein

Schwenkantrieb (6, 7) im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung ansteuerbar sind.

2. Manipulator nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Lineartrieb (8, 9) ein-  
5 rends im Nahbereich der Schwenkachse an einem ersten Arm (4, 5) und andernends unter  
Freilassung wenigstens einer Schwenkachse im Nahbereich der Schwenkachse an einem  
zweiten Arm (4, 5) oder an der Basis (2) angreift.
3. Manipulator nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, daß je zwei Lineartriebe (8,  
10 9) zu einer Betätigungseinheit zusammengefaßt sind, die zueinander symmetrisch beid-  
seits des Auslegers angeordnet sind.
4. Manipulator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Basis (2)  
15 auf einem Gestell (11) drehbar gelagert ist, wobei wenigstens zwei Drehantriebe vorgese-  
hen sind, die im Sinne einer gegenseitigen Kraftaufprägung angetrieben sind.
5. Manipulator nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Basis (2) ein Zahnkranz  
(13) zugeordnet ist, in den ein vorzugsweise am Gestell (11) befestigter Hilfsantrieb (12)  
eingreift, wobei der Drehantrieb der Basis und der Hilfsantrieb (12) im Sinne einer gegen-  
20 seitigen Kraftaufprägung angetrieben sind.

## Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

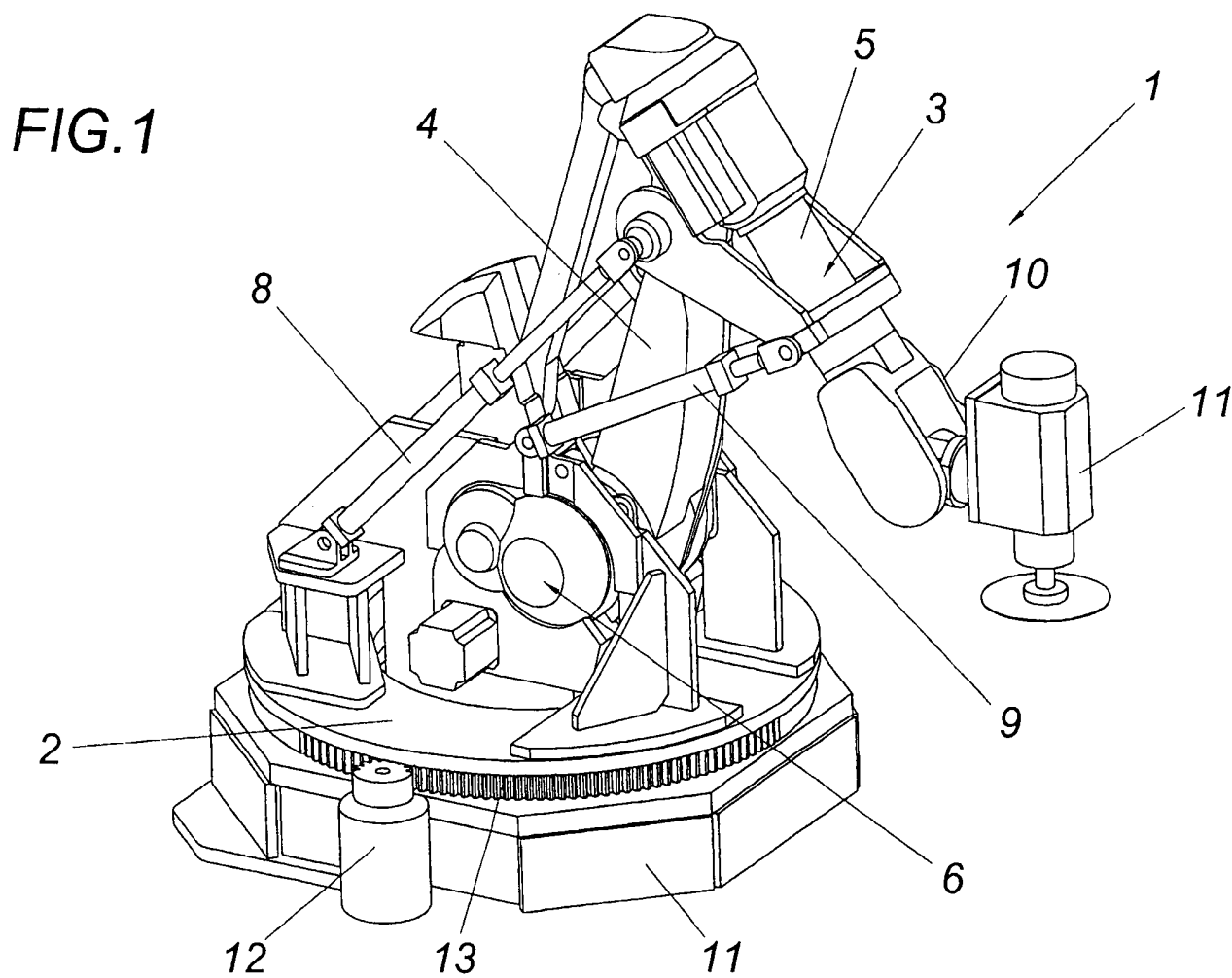
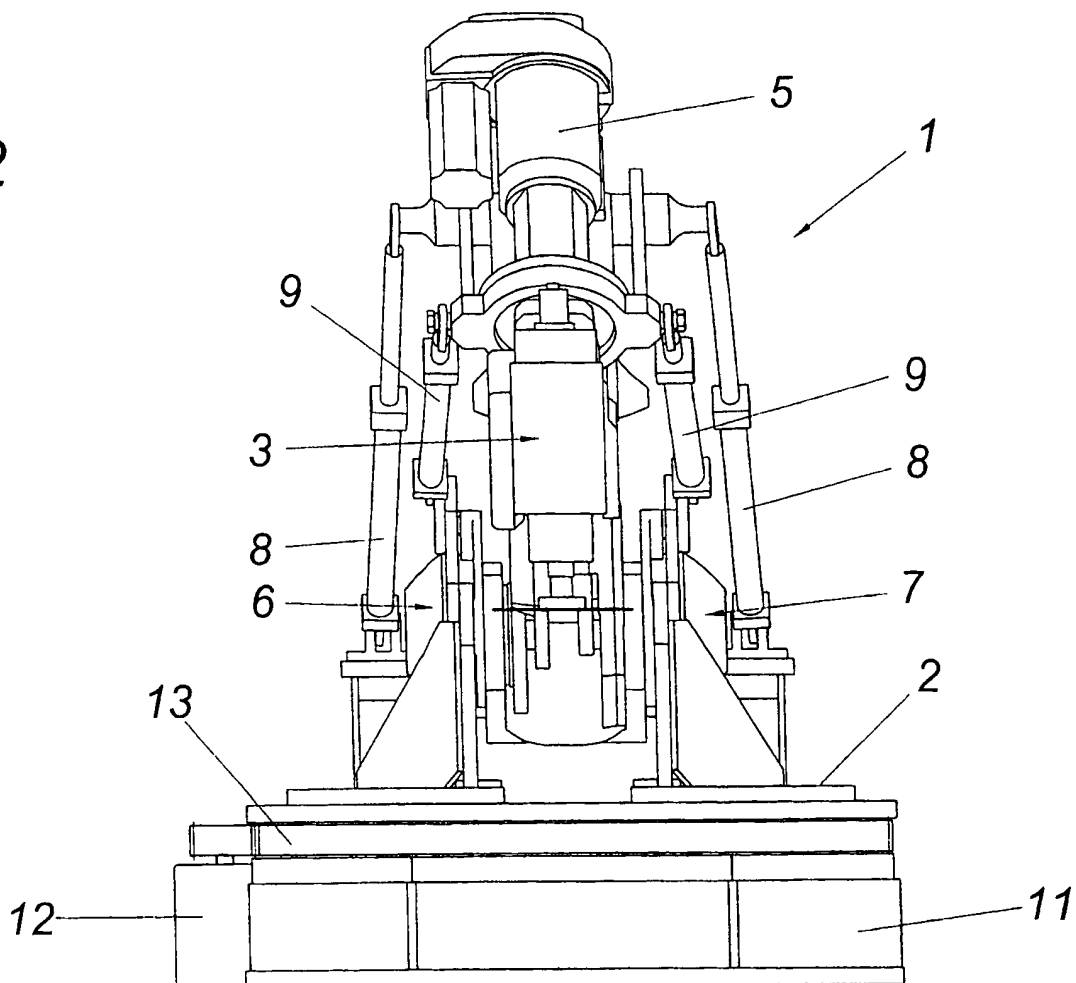




FIG.2



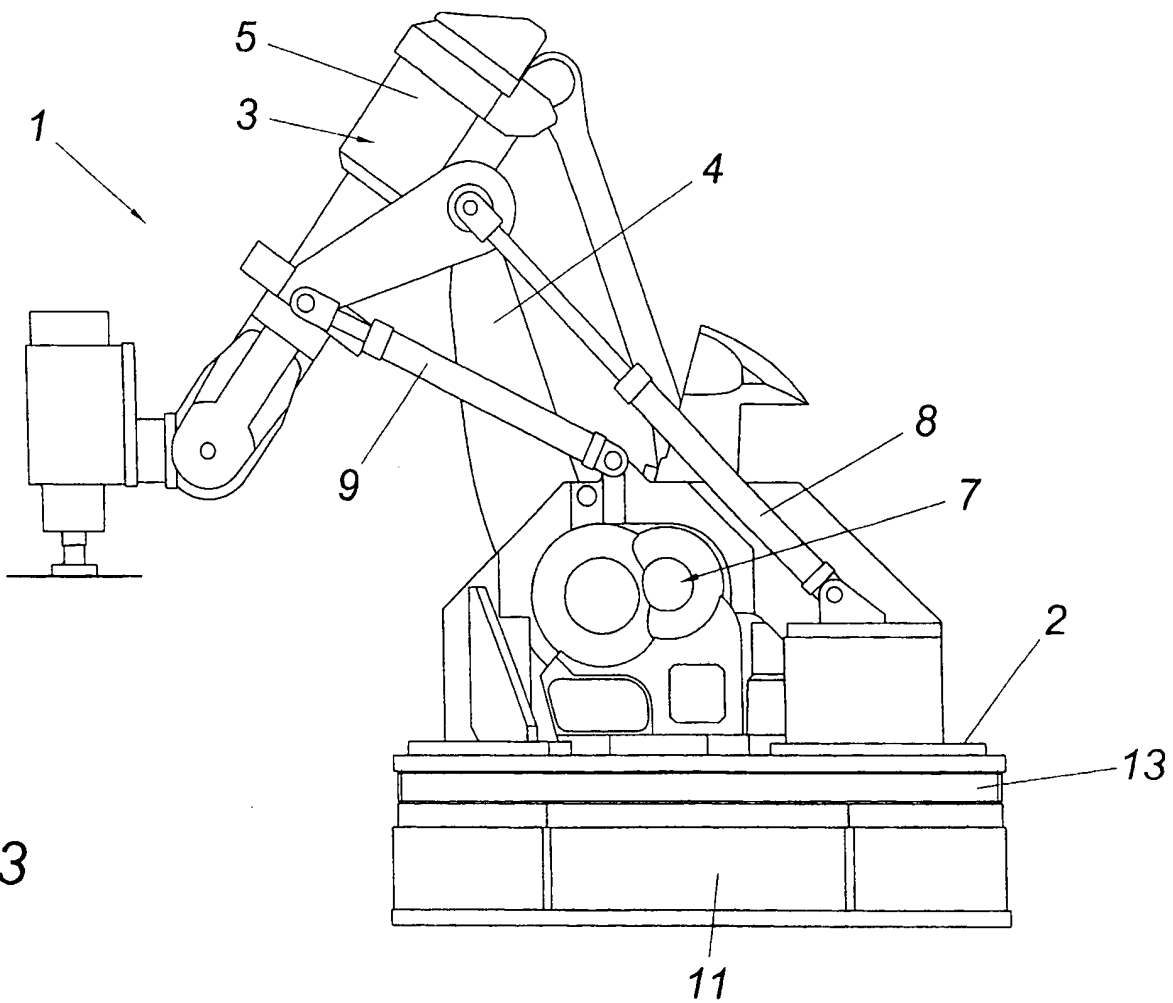
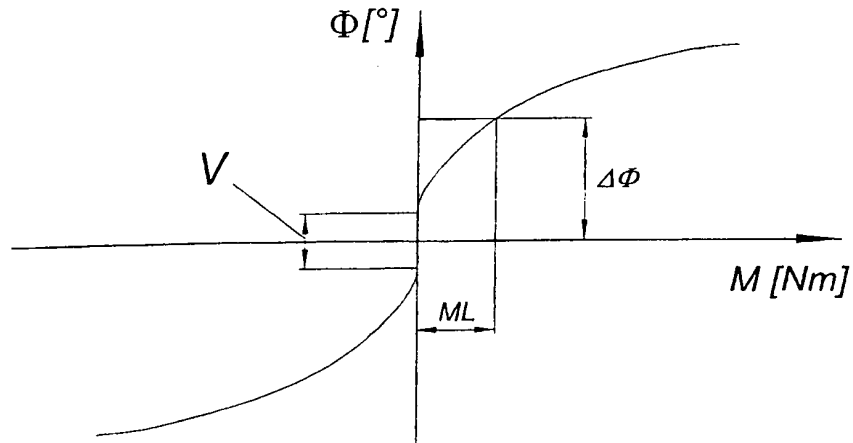
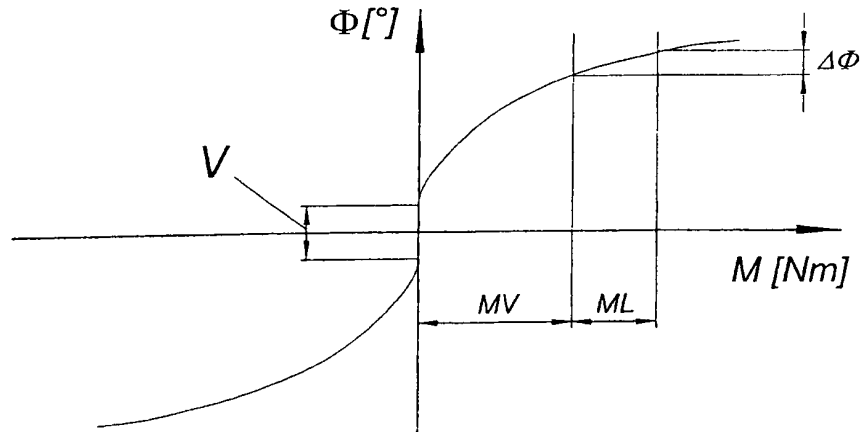


FIG. 3



**FIG.4**



**FIG.5**