(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 07 190 T2** 2004.08.12

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 026 067 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 07 190.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 101 784.7**
(96) Europäischer Anmeldetag: **28.01.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.08.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **17.12.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.08.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B62D 5/04**

(30) Unionspriorität:

2772099	**04.02.1999**	**JP**
6513999	**11.03.1999**	**JP**
10739099	**15.04.1999**	**JP**
10739199	**15.04.1999**	**JP**
10739299	**15.04.1999**	**JP**
11908099	**27.04.1999**	**JP**
13705899	**18.05.1999**	**JP**

(73) Patentinhaber:
NTN Corp., Osaka, JP

(74) Vertreter:
Fleuchaus & Gallo, 81479 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
Toda, Masaaki, Iwata-shi, Shizuoka 438-0037, JP; Tateishi, Koji, Iwata-shi, Shizuoka 438-0037, JP; Yoshida, Isamu, Iwata-shi, Shizuoka 438-0037, JP; Yamauchi, Kiyoshige, Iwata-shi, Shizuoka 438-0037, JP; Yoshioka, Morihisa, Iwata-shi, Shizuoka 438-0037, JP

(54) Bezeichnung: **Elektrisch angetriebene Lenkeinrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

DER ERFINDUNG ZUGRUNDELIEGENDER ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

(Bereich der Erfindung)

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen eine elektrisch angetriebene Lenkeinrichtung, und in weiteren Einzelheiten, die elektrisch angetriebene Lenkeinrichtung, die einen Kugelumlaufspindelmechanismus anwendet zum Übertragen einer Antriebsleistung von einem Elektromotor auf eine Lenkwelle, um diese letztere selektiv vorzuschieben und zurückzuziehen.

(Beschreibung des Standes der Technik)

[0002] Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung ist ein Instrument zum Unterstützen der Lenkkraft eines Lenkrades mittels eines elektrisch angetriebenen Motors, und ist zur Zeit in verschiedenen Typen erhältlich. Einer dieser angewandten Typen ist von einer Konstruktion, in der auf eine einziehbare Lenkwelle, die mit einem Lenkmechanismus für Fahrzeugräder gekoppelte ist, eine axiale Verschiebekraft gelegt wird, die vom Lenkrad durch einen Bewegungsübertragungsmechanismus, wie z. B. einen Zahnstangenmechanismus zum Übertragen einer Drehbewegung des Lenkrads auf die axiale Schiebebewegung ausgeübt wird, und auch eine axiale Verschiebekraft, die von einem Ausgang des elektrisch angetriebenen Motors über einen Kugelumlaufspindelmechanismus übertragen wird. Der Kugelumlaufspindelmechanismus ist derzeit in verschiedenen Typen verfügbar gemäß dem Typ, in dem eine Reihe von Kugeln zirkuliert wird, einschließlich eines Brückentyps, eines Rohrzirkuliertyps und eines Endkappentyps. Die elektrisch angetriebenen Lenkvorrichtungen des Zahnstangentyps, die diesen Kugelumlaufspindelmechanismus benutzen, sind geoffenbart z. B. in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 59-50864, die eine Grundstruktur offenbart, in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 9-142315, die die Anwendung der Kugelumlaufspindel des Brückentyps offenbart, in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 54-47236, die den Kugelumlaufspindelmechanismus vom Rohrumlauftyp (Zirkulator), und die Japanische Offengelegte Patentschrift Nr. 6-201013, die die Anwendung des Typs mit aus Kunstharz gefertigtem keramischem Gewindering vom Endkappentyp, und vom Typ mit zirkulierendem Rohr aus Kunstharz offenbart.

[0003] **Fig.** 23A illustriert den Kugelumlaufspindelmechanismus des Brückentyps auf dem Stand der Technik, wie er in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 9-142315 geoffenbart wird. Wie dort gezeigt, hat eine Kugelumlaufspindelwelle **1** mit einer externen Gewinderille **4** darum herum einen Kugelumlaufspindelgewindering **5** befestigt. Der Kugelumlaufspindelgewindering **5** hat eine innere umlaufende Fläche, ausgebildet mit einer internen Gewinderille **5b** in Ausrichtung mit der externen Gewinderille **4**, um dadurch einen Kugelführungsdurchgang für eine Reihe von Kugeln **7** zu definieren. Der Kugelumlaufspindelgewindering **5** ist mit einem Brückenglied **5d** angeordnet, das einen Verbindungsdurchgang zum Verbinden interner benachbarter Gewinderillen **5b** aufweist. Wenn der Kugelumlaufspindelgewindering 5 um und relativ zur Kugelumlaufspindelwelle **1** rotiert, wird die Kugelumlaufspindelwelle **1** axial relativ zum Kugelumlaufspindelgewindering **5** unter der Wirkung einer reaktiven Kraft von den Gewinderillen bewegt. Da die Kugeln **7** der Reihe nach aus dem Kugelführungsdurchgang heraus rollen, wenn sie sich entlang der und in den Gewinderillen rollend vorwärts bewegen, abhängig von der Rotation der Kugelumlaufspindelrille **5** und der axialen Bewegung der Kugelumlaufspindelwelle **1**, wäre eine Nachzuführung der Kugeln erforderlich, in Abhängigkeit von der Größe der Drehbewegung. Im Hinblick darauf wurde die Vorkehrung zur Anordnung des Brückenglieds **5b** getroffen, so daß die Kugeln **7**, die nach und nach entlang und innerhalb der Gewinderillen vorwärts geschoben werden, zu den Gewinderillen durch den Verbindungsdurchgang gemäß Definition im Brückenglied **5d** zurückgeführt werden können.

[0004] Andererseits wird in **Fig.** 23A und 23B ein Beispiel eines Kugelumlaufspindelmechanismus vom Brückentyp auf dem Stand der Technik gezeigt, der in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 54-47236 geoffenbart wurde. Wie in **Fig.** 23A und 23B gezeigt wird, bewegen sich von den Kugelgruppen, die in einem Bereich LA oder LB in axialer Richtung des Kugelumlaufspindelgewinderings **2** aufgereiht sind, d. h. die Kugeln jeder der zwei Kugelreihen rollend in den Gewinderillen, die in der Kugelumlaufspindelwelle **1** ausgebildet sind, über eine Entfernung entsprechend einer Axiallänge und eingelegt zwischen den Kugelumlaufspindelrillen. Die zwei Kugelreihen **3A** und **3B**, geführt von entsprechenden Reihen von Zirkulatoren **6A** und **6B**, so daß sie zwischen den inneren Gewinderillen **2a** im Kugelumlaufspindelgewindering **2** und den äußeren Gewinderillen **1a** und **1b** in der Kugelumlaufspindelwelle **1** zirkulieren, während die Kugeln einer Reihe **3A** so konstruiert sind, daß sie einen Durchmesser aufweisen, der geeignet größer ist als der der Kugeln der anderen Reihe **3B**, so daß während der Geradeausfahrt des Motorfahrzeugs die Kugeln der Reihe **3A** teilweise innerhalb der inneren Gewinderille 2a im Kugelumlaufspindelgewindering **2** und teilweise in der inneren Gewinderille **1a** in der Kugelumlaufspindelwelle **1** rollen können, die einen größeren Durchmesserteil d_2 aufweist, während die Kugel der Reihe **3B** teilweise innerhalb der inneren Gewinderille 2a im Kugelumlaufspindelgewindering **2** und teilweise in der äußeren Gewinderille **1b** in der Kugelumlaufspindelwelle **1** rollen kann, die einen reduzierten Durch-

messerteil d, aufweist. Dementsprechend wird die Kugelreihe **3A** mit dem größeren Durchmesser, die vom Zirkulator **6A** geführt wird, zwischen der inneren Gewinderille 2a im Kugelgewindering **2** und der äußeren Gewinderille **1a** im Teil mit dem großen Durchmesser d, der Kugelumlaufspindelwelle **1** geführt, ohne daß ein Spalt zwischen ihnen ausgebildet ist. Wenn in dieser Konstruktion das Lenkrad beim Lenken des Motorkraftfahrzeugs nach rechts (im Uhrzeigersinn) oder nach links (im Gegenuhrzeigersinn) gedreht wird, gleichzeitig mit einer Rotation der Kugelumlaufspindelwelle **1**, kann der Kugelumlaufspindelgewindering **2** durch die Gewinderille und die Kugelreihen **3A** und **3B** nach rechts oder nach links bewegt werden.

[0005] Ein Beispiel des Kugelumlaufspindelmechanismus vom Endkappentyp ist in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 6-201013 geoffenbart. Gemäß dieser Patentschrift ist eine Endkappe auf jedes der einander gegenüberliegenden Enden des Kugelumlaufspindelgewinderings montiert, damit die Kugeln in das zirkulierende Rohr zurückgeführt werden können, und sowohl die Endkappen als auch das zirkulierende Rohr sind aus einem Kunstharz gefertigt.

[0006] Ein ähnlicher Satz eines Kugelumlaufspindelmechanismus vom Kappentyp ist in der Japanischen Offengelegten Patentschrift Nr. 11-011334 gefertigt. In diesem Fall sind sowohl der Gewindering als auch die Endkappen aus Metall gefertigt.

[0007] **Fig.** 24 illustriert einen anderen Typ eines Kugelumlaufspindelmechanismus vom Endkappentyp auf dem Stand der Technik. Wie hier gezeigt wird, hat ein drehbarer Gewindering 71 im wesentlichen einen Zwischenteil mit einem radial nach außen vorstehenden Flansch **72** ausgebildet. Ein Wälzlager ist extern auf den drehbaren Gewindering **71** montiert, so daß der drehbare Gewindering **71** von einem Gehäuse und innerhalb desselben drehbar gehaltert werden kann. Ein Rotor **74** eines Elektromotors zum Antreiben des drehbaren Gewinderings **71** um dessen Längsachse ist ebenfalls auf den drehbaren Gewindering **71** montiert. Der radial nach außen vorstehende Flansch **72** wird benutzt zum Positionieren des Wälzlagers **73** und des Rotors **74** relativ zum drehbaren Gewindering **71**.

[0008] Das Wälzlager **73** ist vom sogenannten Innenring-Drehtyp, in dem der Innenring **73a** zusammen mit dem drehbaren Gewindering **71** drehbar ist und zu diesem Zweck ist der drehbare Gewindering **71** in den Innenring **73a** mit einem vorgegebenen Übermaß zwischen einer inneren umlaufenden Fläche des Innenrings **73a** und einer äußeren umlaufenden Fläche des drehbaren Gewinderings **71** eingepreßt. Andererseits, da der Rotor **74** nicht auf den drehbaren Gewindering **71** auf ähnliche Weise wie das Wälzlager preßgepaßt werden kann, ist ein Teil der äußeren, umlaufenden Fläche des drehbaren Gewinderings **71** gerändelt, die mit dem Rotor **74** verbunden ist, um einen Bereich mit einer gerändelten Fläche **75** für einen schlupffreien Eingriff mit dem Rotor **74** vorzusehen. Zwar kann der gerändelte Oberflächenbereich **75** durch jeden beliebigen bekannten Rollprozeß gebildet werden, jedoch muß notwendigerweise eine Ringrille **76** in den drehbaren Gewindering **71** auf jeder Seite des gerändelten Flächenbereichs 75 zum Erleichtern des Rollprozesses ausgebildet werden. Auch wird ein Teil der äußeren umlaufenden Oberfläche des drehbaren Gewinderings **71** auf einer Seite des gerändelten Flächenbereichs **75** neben dem Ende desselben als zylindrischer Führungsteil 77 zum Führen des Rotors **74** auf den gerändelten Oberflächenbereich **75** ausgebildet, bevor der Rotor schlupffrei auf den gerändelten Oberflächenbereich **75** montiert wird. Der zylindrische Führungsteil **77** hat einen Durchmesser, der ein bißchen kleiner ist als der Außendurchmesser des gerändelten Oberflächenbereichs **75** des drehbaren Gewinderings 71, um so das Montieren des Rotors **74** auf den drehbaren Gewindering **71** zu ermöglichen.

[0009] Zwar hat der Brückentyp gemäß **Fig.** 23A einen Vorteil, weil der Kugelumlaufgewindering **5** einen verhältnismäßig kleinen Außendurchmesser aufweisen kann, jedoch ist die Anzahl der Komponenten groß wegen der Anwendung des gesonderten Brückenglieds **5d**, das auf einem Außendurchmesserteil des Gewinderings **5** montiert ist, das abgearbeitet ist, es tritt jedoch eine Schwierigkeit auf beim Montieren eines Motors und eines Lagers auf die äußere periphere Oberfläche des Kugelumlaufspindelgewinderings wegen der Anwendung des gesonderten Brückenglieds **5d**, das außen auf den Gewindering als ein umlaufendes Kugelteil montiert ist. Zusätzlich kann nur dieses Ende des Brückenglieds **5d** abgefast werden, das an dem Gewindering **5** an einer inneren Peripherie des Kugelumlaufspindelgewinderings **5** befestigt ist, und daher wird voraussichtlich notwendigerweise eine Stufe an der Verbindung zwischen dem Brückenglied **5d** und dem Kugelumlaufspindelgewindering **5** erforderlich werden. Eine so ausgebildete Stufe wird die Schmiermittelschicht abschaben, die sich auf der Oberfläche jeder Kugel **7** gebildet hat.

[0010] Da auch das Brückenglied 5d in einer Position mit einem Bindematerial fest gesichert werden muß, das in einem abgearbeiteten Teil des Außendurchmessers des Kugelumlaufspindelgewinderings **5** eingefüllt wird, vermindert sich nicht nur die Bearbeitbarkeit, sondern auch das Bindematerial sickert durch und erfordert einen Arbeitsgang zum Abtragen des abgelagerten Bindematerials.

[0011] Wo im Brückentyp die Kugelumlaufspindel angewandt wird, in der der Außendurchmesser des Gewinderings begrenzt ist, tritt voraussichtlich die folgende Einschränkung ein. Spezifisch ist es zum Sichern einer hohen Belastungskapazität bei einem reduzierten Außendurchmesser des Gewinderings und mit einer reduzierten Querschnittshöhe erforderlich, eine erhöhte Anzahl Kugeln einer kleineren Größe anzuordnen. Zwar ist in einem solchen Fall die An-

wendung von Vielfachgewinderillen, die in der Lage sind, die Lastkapazität zu erhöhen, von Vorteil, jedoch erfordert die Anwendung von Vielfachgewinderillen, daß das Brückenglied **5d** zum Zurückschicken der Kugeln so angeordnet ist, daß es sich über den danebenliegenden Kugelführungsdurchgang erstreckt, und somit ist die Anwendung von Vielfachgewinderillen unpraktisch und unmöglich.

[0012] Der Brückentyp auf dem Stand der Technik, gezeigt in **Fig.** 23B und 23C, in dem die beweglich zum Umlauf innerhalb der Kugelumlaufspindel angeordneten Kugeln den gleichen Durchmesser haben, tendiert der Außendurchmesser des Kugelumlaufspindelgewinderings **2** zur Zunahme, was zu einer Vergrößerung der Gesamtgröße der Lenkvorrichtung führt, die z. B. bei einem Kraftfahrzeug angewandt wird. Auch wo eine Zahnstange oder dergl. auf der äußeren Peripherie des Gewinderings vorgesehen ist, sind die maschinell zu bearbeitenden Bereiche begrenzt, und daher muß die Phase der Kugelumlaufspindel, die nach der neutralen Position des Lenkrades der elektrisch betriebenen Lenkvorrichtung ausgerichtet ist, überwacht werden.

[0013] Gemäß dem Endkappentyp auf dem Stand der Technik, wie er in der Offengelegten Japanischen Patentschrift Nr. 6-201013 geoffenbart wird, gibt es das Problem, daß das umlaufende Rohr aus Syntheseharz, getrennt vom Gewindering, gebildet wird, weil die Anzahl der Teilkomponenten und die Schritte zum Zusammenbau zunehmen. Jedoch, da die Endkappe und das Umlaufrohr aus Syntheseharz bestehen, gibt es beim Endkappentyp das Problem, daß der Umlauf der Kugeln nicht glatt abläuft wegen der Verringerung der Dauerhaftigkeit als Ergebnis der Reibungsverluste und auch Veränderung der Größe aufgrund der Wärmezusammenziehung. Ein zusätzliches Problem ist, daß bei der Überwachung des Drehmoments, mit dem der Gewindering festgezogen ist, Schwierigkeiten auftreten, weil die Endkappe auf dem Gewindering befestigt ist. Dann während die Endkappe bisher an dem Gewindering durch Anziehen der Schraube befestigt war, tendiert die Schraube zum Befestigen der Endkappe am Gewindering dazu, sich unter den Vibrationen zu lockern, was zu dem hohen Risiko führt, daß sich die Endkappe schließlich löst. Das Lösen der Endkappe führt seinerseits zu einer Behinderung des glatten Umlaufs der Kugeln, was zu einem Problem führt, das mit der Reduktion der Funktionalität der Kugelumlaufspindel verbunden ist.

[0014] Im Hinblick auf den Endkappentyp auf dem Stand der Technik gemäß **Fig.** 24 wird eine äußere periphere Fläche **71a** des drehbaren Gewinderings **71**, anliegend an einen Teil, wo das Lager montiert ist, in Zylinderform ausgebildet. Wenn also der Innenring **73a** des Lagers **73** auf den Teil der äußeren peripheren Oberfläche **71a** des Drehgewinderings **71** aufgepreßt wird, tendiert der Innenring **73a** dazu, gegen eine ringförmige Endkante der äußeren umlaufenden Oberfläche **71a** zu stoßen, was zu einer Verschlechterung der Bearbeitbarkeit während des Einpressens des Lagers **73** führt. Sogar bei der Montage des Rotors **74** ist das Montieren des Rotors **74** auf den gerändelten Oberflächenbereich **75** durch die Führungsfläche **75** mit äußerster Sorgfalt durchzuführen, um eine etwaige Fehlausrichtung und Bildung der Stufe zu vermeiden, was eine Erhöhung der Anzahl der Fertigungsschritte verlangt. Auch wenn die gesonderte Endkappe **77** auf dem Gewinderingkörper des Drehgewinderings **71** mittels der Schraube befestigt ist, wird der Außendurchmesser der Endkappe **77** vorsichtig gewählt, so daß er nur wenig kleiner ist als die Führungsfläche **76** zum Vermeiden einer etwaigen Fehlausrichtung und Ausbildung der Stufe, jedoch die Auswahl des Außendurchmessers auf diese Weise bringt ein anderes Problem mit sich, indem sich das Vorkommen der Stufe mit dem Innendurchmesser des Rotors **74** zum Zeitpunkt der Montage des Rotors **74** stört. Andererseits, während empfohlen wird, daß das gerändelte Oberflächengebiet **75**, eine möglichst große Länge zu haben, wird eine Eingrenzung wegen Schleif- und Zusammenbauproblemen verlangt.

[0015] US 4,415,054 umfaßt die Merkmale, die im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannt werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Dementsprechend wurde die vorliegende Erfindung unterteilt, um im wesentlichen die obengenannten Probleme, die inhärent in der elektrisch angetriebenen Lenkeinrichtung auf dem Stand der Technik auftreten, auszuschließen, und es ist beabsichtigt, eine verbesserte elektrisch angetriebene Lenkeinrichtung vorzusehen, in der die Kugeln im Kugelumlaufspindelmechanismus rollen und glatt umlaufen können, und die von einfacher Struktur und leicht zusammenbaubar ist, während eine Größenreduktion der elektrisch angetriebenen Lenkvorrichtung erreichbar ist.

[0017] Zur Lösung des angegebenen Problems sieht die Erfindung eine Lenkvorrichtung gemäß Anspruch 1 vor. Weitere Entwicklungen werden in den abhängigen Ansprüchen besprochen.

[0018] In einem Aspekt sieht die vorliegende Erfindung eine elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung vor, die umfaßt: Ein Gehäuse, eine Lenkwelle, die antreibend verbunden ist mit einem Lenkmechanismus für Lenkräder und der sich vollständig durch das Gehäuse erstreckt; einen Bewegungsumsetzmechanismus zum Übertragen einer Drehkraft, der eine von einem Lenkrad ausgeübte Drehkraft in eine Kraft umwandelt, die zum Bewegen der Lenkwelle in einer Richtung axial zur Lenkwelle erforderlich ist; ein Kugelumlaufspindelmechanismus, einschließlich einer Kugelumlaufspindelwelle, bestehend aus einem Teil der Lenkwelle und einem Drehgewindering; und einen elektrischen Antriebsmotor, der an einem Ende auf einer äußeren Peripherie des Drehgewinderings des Kugelumlaufspindelmechanismus angeordnet

ist. Der Kugelumlaufspindelmechanismus umfaßt die Kugelumlaufspindelwelle mit einer schraubenförmigen äußeren Rille, die darauf außen herum ausgebildet ist. Der Drehgewindering ist mit einer schraubenförmig verlaufenden inneren Rille ausgebildet, die der schraubenförmigen äußeren Rille gegenüberliegt und mit ihr ausgerichtet ist. Eine Vielzahl von Drehmomentübertragenden Kugeln sind in Reihe innerhalb einer Kugelrollführung eingelegt, die zwischen der schraubenförmigen äußeren Rille auf der Kugelumlaufspindelwelle und der schraubenförmigen inneren Rille im Drehgewindering und zum Übertragen einer Kraft zwischen dem Drehgewindering und der Lenkwelle definiert ist. Ein Kugelumlaufweg in Verbindung mit der Kugelrollführung ist teilweise in einem Gewinderingkörper des Drehgewinderings und teilweise in Endkappen ausgebildet, die an den entsprechenden einander gegenüberliegenden Enden des Gewinderingkörpers befestigt sind.

[0019] In der Praxis der vorliegenden Erfindung kann der Kugelumlaufdurchgang einen Umlauftunnel beinhalten, der im Gewinderingkörper so definiert ist, daß er sich axial dazu erstreckt, und ein Durchgang in einer oder in beiden Endflächen des Gewinderingkörpers, sowie in einer inneren Endfläche der Endkappe, die in Kontakt mit dieser Endfläche des Gewinderingkörpers gehalten wird, so definiert ist, daß er die beiden überdeckt zum Verbinden eines entsprechenden Endes des Umlauftunnels mit der Kugelrollführungsbahn.

[0020] Da gemäß der oben beschriebenen Struktur der Kugelumlaufmechanismus nicht von der Außenperipherie des Drehgewinderings nach außen vorsteht, kann der Drehgewindering des Kugelumlaufspindelmechanismus einen reduzierten Außendurchmesser aufweisen und der Umlauf der Kugeln kann gleichmäßig ablaufen. Zusätzlich kann nicht nur die Anzahl der erforderlichen Komponenten reduziert werden, sondern auch die Anzahl der Fertigungsschritte kann reduziert werden, was zu einer Reduktion der Fertigungskosten führt.

[0021] Ebenso kann in der Praxis der vorliegenden Erfindung ein Wälzlager auf einer Außenperipherie des Drehgewinderings zum drehenden Tragen des Drehgewinderings auf dem Gehäuse montiert werden, in welchem Fall die Außenperipherie des Drehgewinderings integral mit einem radial nach außen vorstehenden Positionierungsflansch zum Positionieren der darauf montierten Wälzlager ausgebildet werden kann. Dieses Merkmal ermöglicht, daß das Wälzlager zum drehbaren Tragen des Drehgewinderings auf der Außenperipherie des Drehgewinderings positioniert und befestigt werden kann, und somit kann die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung eine reduzierte radiale Größe haben.

[0022] Vorzugsweise kann jede Endkappe einen Stirnsenker aufweisen, der verkerbt wird, damit verhindert wird, daß eine Befestigungsschraube, die zum Festschrauben der betreffenden Endkappe auf dem Gewinderingkörper benutzt wird, sich willkürlich drehen kann. Gemäß diesem Merkmal werden nach dem Festdrehen der Endkappen auf dem Gewinderingkörper die Stirnsenker verstemmt, um die Endkappen gegenüber dem Gewinderingkörper zu verriegeln. Damit wird mit einer einfachen Struktur verhindert, daß sich die Befestigungsschrauben nach dem Befestigen lösen können und somit erhöht sich die Zuverlässigkeit.

[0023] Der Kugelumlaufspindelführungsweg des Kugelumlaufspindelmechanismus kann von einer Mehrfachgewindekonstruktion sein. Dieses Merkmal ermöglicht die Reduktion des Durchmessers der Drehmomentübertragungskugeln und danach die Anordnung der Drehmomentübertragungskugeln, und damit kann die Lasttragfähigkeit erhöht werden, während die radiale Abmessung reduziert wird, um die Vorrichtung der Größe nach kompakter zu machen.

[0024] Eine Außenperipherie eines der einander gegenüberliegenden Enden eines Gewinderingkörpers, der einen Teil des Gewinderings bildet und dessen schraubenförmige innere Rille der schraubenförmigen äußeren Rille um die Kugelumlaufspindelwelle herum gegenüberliegt und nach ihr ausgerichtet ist, und ein umlaufender Tunnel für die Kugeln kann wie eine axial sich nach innen verjüngende Fläche ausgebildet sein.

[0025] Diese Konstruktion ist besonders vorteilhaft, weil zu der Zeit, wenn die Wälzlager zum Haltern des Gewinderings auf den Drehgewindering preßgepaßt werden und der Rotor des elektrischen Antriebsmotors auf den Drehgewindering montiert wird, das Aufpressen des Wälzlagers ermöglicht werden kann, zusätzlich zu einer Erhöhung der Bearbeitbarkeit, weil sich die äußere Peripherie des Endes des Gewinderingkörpers der Form nach verjüngt. Auch kann sogar während des Zusammenbaus des Motors eine Führung glatt durchgeführt werden, weil sich die äußere Peripherie des Endes des Gewinderingkörpers der Form nach verjüngt.

[0026] Ferner kann ein Teil einer äußeren peripheren Oberfläche des Gewinderingkörpers, der sich von der abgeschrägt zulaufenden Oberfläche fortsetzt, zu einer zylindrischen Fläche ausgeformt werden, und in der ein gerändelter Flächenbereich zum Verhindern einer willkürlichen Rotation auf der zylindrischen Fläche und ein Teil der abgeschrägten Oberfläche anliegend an die zylindrische Fläche gebildet wird.

[0027] Da gemäß dieser Struktur der gerändelte Flächenbereich auf diesem Teil der such verjüngenden Fläche gebildet ist, kann der gerändelte Flächenbereich eine erhöhte effektive Breite aufweisen, die ausreicht, den Drehungssperreffekt zu sichern. Auch kann in dem Fall, in dem ein gerändelter Flächenbereich gebildet wird und wenn dieser aus einer gesinterten Legierung besteht, kann auf die Notwendigkeit des Benutzens einer ringförmigen Rille zum Profilwalzen des gerändelten Oberflächenbereichs mit Vorteil verzichtet werden und die Breite des gerändel-

ten Flächenbereichs läßt sich entsprechend vergrößern.

[0028] In der Praxis der vorliegenden Erfindung kann jede Endkappe eine äußere periphere Oberfläche haben, die in Richtung weg vom Gewinderingkörper abgeschrägt verläuft, wofür die Bearbeitbarkeit bei der Durchführung des Preßpassens des Wälzlagers und der Montage des Rotors weiter erhöht werden kann.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen eine elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung die umfaßt: Ein Gehäuse, eine Lenkwelle, die antreibend verbunden ist mit einem Lenkmechanismus für Lenkräder und der sich vollständig durch das Gehäuse erstreckt; einen Bewegungsumsetzmechanismus zum Übertragen einer Drehkraft, der eine von einem Lenkrad ausgeübte Drehkraft in eine Kraft umwandelt, die zum Bewegen der Lenkwelle in einer Richtung axial zur Lenkwelle erforderlich ist; ein Kugelumlaufspindelmechanismus, einschließlich einer Kugelumlaufspindelwelle, bestehend aus einem Teil der Lenkwelle und einem Drehgewindering; und einen elektrischen Antriebsmotor, der an einem Ende auf einer äußeren Peripherie des Drehgewinderings des Kugelumlaufspindelmechanismus angeordnet ist. Der Drehgewindering des benutzten Kugelumlaufspindelmechanismus wird so strukturiert und so konfiguriert, wie nachstehend beschrieben ist.

[0030] Dieser Drehgewindering ist vom sogenannten "Endkappentyp", bei dem eine der Endkappen integral mit dem Gewinderingkörper ausgebildet ist. Genauer gesagt, er hat darin definiert eine schraubenförmige innere Rille, die einer schraubenförmigen äußeren Rille gegenüber liegt und nach ihr ausgerichtet ist, die auf der Kugelumlaufspindelwelle definiert ist, und einen Kugelumlaufdurchgang mit entsprechenden einander gegenüberliegenden Enden der schraubenförmigen inneren Rille fortgesetzt wird, und einen Gewinderingkörper und eine Endkappe beinhaltet, die mit einem der entgegengesetzten Enden des Gewinderingkörpers fest verbunden ist. Der Kugelumlaufdurchgang beinhaltet einen umlaufenden Tunnel, der im Gewinderingkörper definiert ist, so daß er sich axial dazu erstreckt, und Enddurchgänge, die sich von den entsprechenden einander gegenüberliegenden Enden des umlaufenden Tunnels zu der schraubenförmigen inneren Rille erstrecken, und der Gewinderingkörper hat die schraubenförmige innere Rille, den umlaufenden Tunnel des Kugelumlaufdurchgangs und einen der Enddurchgänge, wobei in dieser Endkappe der andere der Enddurchgänge definiert ist.

[0031] Da gemäß der oben beschriebenen Struktur die Verbindung zwischen dem Gewinderingkörper des Drehgewinderings und der Endkappe im Kugelumlaufspindelmechanismus nur an einer Stelle anliegend an das entsprechende Ende des Gewinderingkörpers gefunden wird, kann die Möglichkeit, in der die rollende Bewegung der Kugeln in der schraubenförmigen innere Rille und der Umlauf der Kugeln im Kugelumlaufdurchgang in der Verbindung behindert werden kann, dann um etwa 50% reduziert werden gegenüber dem was durch zwei Verbindungen bewirkt werden würde. Aus diesem Grund kann die rollende Bewegung und die Schmierung der Kugeln glatt ausgeführt werden, wobei die Möglichkeit, daß die Schmierstoffschicht von den Kugeloberflächen abgezogen wird, stark reduziert ist. Dementsprechend kann der Kugelumlaufspindelmechanismus eine verlängerte Lebenszeit aufweisen. Da auch der Drehgewindering aus dem Gewinderingkörper und der einzigen Endkappe hergestellt ist, reduziert sich die Anzahl der Komponenten, was zu einer ausgezeichneten Zusammenbaubarkeit führt, so daß die Automatisierung der Herstellung des Kugelumlaufspindelmechanismus erleichtert wird. Es muß darauf hingewiesen werden, daß, da ein Ende des Drehgewinderings benutzt wird, um die daran befestigte Endkappe zu halten, das Einsetzen der Kugeln ausgeführt werden kann während die Endkappe vom Gewinderingkörper entfernt wird.

[0032] In der Praxis der vorliegenden Erfindung wird die Endkappe vorzugsweise mit einem der einander gegenüberliegenden Enden des Gewinderingkörpers, das am Rotor liegt, befestigt, und ein Wälzlager zum Tragen des Drehgewinderings kann auf das andere der einander gegenüberliegenden Enden montiert werden.

[0033] Wo diese Konstruktion angewandt wird, ist das Ende des Drehgewinderings, wo das Wälzlager preßgepaßt wird, vollständig frei von einer Stufe, die sich während des Befestigens der Endkappe daran auf der äußeren peripheren Fläche ausgebildet hätte, da ein Teil, der eine Endkappe hätte sein müssen, zusammen mit dem Gewinderingkörper integriert wird und so das Preßpassen des Wälzlagers ermöglicht.

[0034] Wo die Endkappe mit dem Ende des Gewinderingkörpers am Rotor verbunden ist, kann die äußere periphere Fläche der Endkappe als abgeschrägt zulaufende Fläche ausgebildet sein, die abgeschrägt nach innen in einer Richtung weg vom Gewinderingkörper zuläuft.

[0035] Das Ausbilden der abgeschrägt zulaufenden Fläche auf der äußeren peripheren Fläche der Endkappe kann den Zusammenbau erleichtern durch Montieren des Rotors des elektrischen Antriebsmotors.

[0036] Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß ein Laufring des Wälzlagers des Kugelumlaufspindelmechanismus integral mit der äußeren peripheren Fläche des Drehgewinderings ausgeformt ist.

[0037] Gemäß dieser Struktur kann auf die Anwendung eines inneren Laufrings des Lagers zum Haltern des Drehgewinderings verzichtet werden, und statt dessen wird der Laufring, der in seiner Funktion dem Innenlaufring entspricht, direkt auf dem Drehgewindering ausgebildet. Damit kann nicht nur die Vor-

richtung als Ganzes einen reduzierten Außendurchmesser und eine kompakte Größe aufweisen, sondern auch wenn der Außendurchmesser der gleiche bleibt wie auf dem Stand der Technik, kann die Querschnitthöhe des Drehgewinderings vergrößert werden, um damit die Lebenszeit zu verlängern und auch eine verhältnismäßig große Freiheit bei der konstruktiven Auswahl vorzusehen. Auch da der innere Laufring, der eine dem Lager zugeordnete Komponente ist, ausgeschlossen wird und der Innenlaufring direkt auf dem Drehgewindering ausgeformt wird, wird der Schritt des Preßpassens des Lagerinnenlaufrings auf den Drehgewindering vorteilhaft ausgeschlossen und die Anzahl der erforderlichen Komponenten reduziert sich, und bewirkt dadurch einen nutzbaren Effekt auf die Baugruppe.

[0038] In der Praxis der vorliegenden Erfindung kann die Endkappe aus einer gesinterten Legierung hergestellt werden. Die Anwendung der gesinterten Legierung als Material für die Endkappe ermöglicht es, das Spritzgußverfahren anzuwenden, mit dem, auch wenn der Kugelrolldurchgang von einer Mehrgewindegangkonstruktion ist, ein Umkehrteil im Ende genau und preiswert durch Materialspritzen ausgebildet werden kann. Durch Wählen einer Kombination von Metallpulvermaterial, das zusammengemischt wird, läßt sich die physikalische Festigkeit erhöhen, zusammen mit einer entsprechenden Verlängerung der Lebensdauer.

[0039] In der Praxis der vorliegenden Erfindung kann auch der Gewinderingkörper aus einer gesinterten Legierung hergestellt werden. Die Anwendung der gesinterten Legierung als Material für den Gewinderingkörper ermöglicht den Einsatz des Spritzgußverfahrens und des Sinterverfahrens, um den Drehgewindering genau und preiswert in Massenproduktion ohne einen Bearbeitungsprozeß wie Drehen und Schleifen zu fertigen. Zusätzlich kann durch geeignete Auswahl der Kombination von Metallpulvermaterialien zum Zusammenmischen die erforderliche physikalische Stärke und die Dauerhaftigkeit gewahrt werden. Auch ist, im Gegensatz zum Drehgewindering aus Kunstharz, die Dauerfestigkeit, die infolge des Reibungsverschleißes reduziert wird, ausgezeichnet, und eine kleine Beeinflussung der Wärmeumwandlung macht sich auf die Größe bemerkbar, und beim Festziehen und Befestigen der Endkappe auf dem Gewinderingkörper mittels Schrauben gibt es kein Problem, das aus einer elastischen Verformung herrühren würde, die durch den Befestigungsdruck bewirkt wird, und damit läßt sich das Anzugsdrehmoment genau überwachen.

[0040] Spezifisch hat der Drehgewindering des Kugelumlaufspindelmechanismus eine schraubenförmige Innengewinderille definiert, die der schraubenförmigen Außengewinderille gegenüberliegt und mit ihr ausgerichtet ist, die auf der Kugelumlaufspindelwelle definiert ist, und eine Rücklaufrille, die nebeneinanderliegende Schraubengänge der schraubenförmigen Innenrillen verbindet und damit eine Rundlaufverbindung für die Kugeln definiert. Auch ist ein Teil des Drehgewinderings da, wo die Rücklaufrille ausgebildet ist, mit einem Teil, wo die schraubenförmige innere Rille und ein Teil, der die äußere periphere Fläche bildet, integral ausgebildet. Der Ausdruck "integral ausgebildet" im obigen Sinn bedeutet die Nichtverwendung gesonderter Komponententeile, die miteinander verbunden sind.

[0041] Da gemäß der oben beschriebenen Konstruktion der Drehgewindering von einer Konstruktion ist, bei der die nebeneinanderliegenden Schraubengänge der schraubenförmigen Innenrille durch die Umkehrrille miteinander verbunden sind, wie mit dem Brückentyp auf dem Stand der Technik es der Fall ist, wird ein Umkehrdurchgang auf der äußeren Peripherie der Rille gefunden und der Drehgewindering kann daher einen reduzierten Außendurchmesser aufweisen. Da ferner die Umkehrrille im Drehgewindering integral ausgebildet ist, anders als beim Brückentyp, gibt es keinen Absatz, der sich beim gesonderten Montieren eines Glieds in der äußeren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings bilden würde, und daher kann der Innenring des Lagers zum drehbaren Haltern des Drehgewinderings positioniert und auf der äußeren peripheren Oberfläche derselben fixiert werden, und somit kann der Rotor des elektrischen Antriebsmotors leicht montiert werden. Aus diesen Gründen kann die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung als ganzes in kompakter Größe zusammengebaut werden. Da auch die Umkehrrille integral im Drehgewindering ausgebildet ist, gibt es auch keine Stoßstelle auf einer inneren peripheren Fläche des Drehgewinderings, und daher kann nicht nur die Kugel frei zirkulieren, sonder auch die Schmiermittelschicht, die sich auf der Oberfläche jeder Kugel abgesetzt hat, wird nicht abgekratzt und ermöglicht damit dem Kugelumlaufspindelmechanismus eine längere Lebensdauer.

[0042] In der Praxis der vorliegenden Erfindung kann die äußere schraubenförmige Rille des Kugelumlaufspindelmechanismus eine Rillenfläche aufweisen, die mit einer abgeschreckten, gehärteten Schicht in allgemein gleichmäßiger Tiefe ausgebildet ist, die mittels eines Hochfrequenz-Härtungsprozesses gebildet wird. Gemäß dieser strukturellen Konstruktion wird die Tiefe der abgeschreckten ausgehärteten Schicht, die auf der Rillenfläche der schraubenförmigen äußeren Rille des Kugelumlaufspindelmechanismus ausgebildet ist, entlang der Krümmung der schraubenförmigen äußeren Rille gleichmäßig auf dem vorbestimmten Wert gehalten, und damit kann die Rollenlebensdauer der schraubenförmigen äußeren Rille gesichert werden, und dadurch, daß die gehärtete Schicht mit keiner mehr als nötigen Tiefe ausgebildet wird, läßt sich die Lenkwelle mit ausgezeichneter Festigkeit und mit einer ausgezeichneten Geradlinigkeit erzielen.

[0043] Vorzugsweise kann die abgeschreckte, ausgehärtete Schicht vorteilhafterweise eine Rockwellhärte im Bereich **55** bis **62** HRC aufweisen, und zu-

sätzlich oder unabhängig davon hat die abgeschreckte ausgehärtete Schicht eine Dicke im Bereich von 0,20 bis 1,10 mm.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0044] Auf jeden Fall wird die vorliegende Erfindung leichter verständlich aus der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen anhand der begleitenden Zeichnungen. Die Ausführungsformen und die Zeichnungen werden jedoch nur für Zwecke der Darstellung und Erklärung gegeben und können nicht als Einschränkung des Umfangs der vorliegenden Erfindung angesehen werden; dieser Umfang wird bestimmt in den beiliegenden Ansprüchen. In den begleitenden Zeichnungen werden in den verschiedenen Ansichten gleiche Bezugszahlen zur Kennzeichnung jeweils gleicher Teile benutzt, und:

[0045] **Fig.** 1 ist eine Längsseitenansicht eines Kugelumlaufspindelmechanismus mit einem weggebrochenen Teil, zur Verwendung zusammen mit einer elektrisch angetriebenen Lenkeinrichtung gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0046] **Fig.** 2 ist eine Längsschnittansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus im vergrößerten Maßstab gemäß **Fig.** 1;

[0047] **Fig.** 3 ist eine fragmentarische Längsseitenansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 2 und zeigt einen darin verwendeten Drehgewindering;

[0048] **Fig.** 4 ist eine Längsschnittansicht, die den Drehgewindering gemäß **Fig.** 3 darstellt;

[0049] **Fig.** 5 ist eine perspektivische Ansicht einer Endkappe, die einen Teil des Drehgewinderings gemäß **Fig.** 3 bildet;

[0050] **Fig.** 6 ist eine Seitenansicht, die eine Spritzgießmaschine zeigt, die zum Bilden des Drehgewinderings eingesetzt wird;

[0051] **Fig.** 7A ist eine Längsschnittansicht mit einem aus einem Teil einer Lenkwelle ausgeschnittenen Teil, der eine schraubenförmig gewundene Rillenführungsfläche aufweist, die gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung hochfrequenzabgeschreckt wurde;

[0052] **Fig.** 7B ist eine Längsschnittansicht mit einem aus einem entsprechenden Teil einer Lenkwelle auf dem Stand der Technik ausgeschnittenen Teil, der eine schraubenförmig gewundene Rillenführungsfläche aufweist, die gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung hochfrequenz-abgeschreckt wurde;

[0053] **Fig.** 8 ist eine Längsseitenansicht eines auf einem Lager montierten Kugelumlaufspindelmechanismus mit einem weggebrochenen Teil, zur Verwendung zusammen mit einer elektrisch angetriebenen Lenkeinrichtung gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0054] **Fig.** 9 ist eine Längsschnittansicht des lagermontierten Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 8, die den Kugelumlaufspindelmechanismus zeigt;

[0055] **Fig.** 10 ist eine Längsschnittansicht eines Drehgewinderings, der in dem lagermontierten Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 8 verwendet wird;

[0056] **Fig.** 11 ist eine Längsseitenansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus mit einem weggebrochenen Teil, zur Verwendung zusammen mit einer elektrisch angetriebenen Lenkeinrichtung gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0057] **Fig.** 12 ist eine fragmentarische Längsseitenansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus und zeigt den darauf montierten Drehgewindering;

[0058] **Fig.** 13 ist eine Längsschnittansicht eines Drehgewinderings, der in dem lagermontierten Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß der dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

[0059] **Fig.** 14A und 14B sind perspektivische Ansichten des Drehgewinderings gemäß **Fig.** 13, entsprechend gesehen aus verschiedenen Richtungen;

[0060] **Fig.** 15 ist eine Längsseitenansicht eines Kugelumlaufspindelmechanismus mit einem weggebrochenen Teil, zur Verwendung zusammen mit einer elektrisch angetriebenen Lenkeinrichtung gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0061] **Fig.** 16A ist eine Längsseitenansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 15 und zeigt den darin benutzten Drehgewindering;

[0062] **Fig.** 16B ist eine Endansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 16A;

[0063] **Fig.** 17A ist eine fragmentarische Seitenansicht der Endkappe im vergrößerten Maßstab und zeigt einen darin definierten Stirnsenker;

[0064] **Fig.** 17B und 17C sind fragmentarische Schnittansichten und zeigen den Stirnsenker entsprechend vor und nach dem Einpressen eines Vorsprungs, nachdem eine Schraube eingeschraubt wurde;

[0065] **Fig.** 18A ist eine Endansicht der Endkappe, von innen gesehen;

[0066] **Fig.** 18B ist eine Seitenschnittansicht der Endkappe im vergrößerten Maßstab, und zeigt einen darin definierten Umkehrdurchgang;

[0067] **Fig.** 18C ist eine Endansicht des Drehgewinderings und zeigt den darin definierten Umkehrdurchgang in Verbindung mit einem Durchgangsloch;

[0068] **Fig.** 18D ist eine Schnittansicht des Drehgewinderings im vergrößerten Maßstab, und zeigt die Verbindung zwischen dem Durchgangsloch und dem im Drehgewindering definierten Umkehrdurchgang;

[0069] **Fig.** 19A ist eine schematische Schnittansicht und zeigt eine Form, die in einem Spritzgießprozeß zum Formen des Drehgewinderings benutzt wird;

[0070] **Fig.** 19B ist eine schematische Schnittan-

sicht und zeigt eine Form, die in einem Spritzgießprozeß zum Formen der Endkappe benutzt wird;

[0071] **Fig.** 20 ist eine Längsseitenansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus mit einem weggebrochenen Teil, zur Verwendung zusammen mit einer elektrisch angetriebenen Lenkvorrichtung gemäß einer fünften bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0072] **Fig.** 21 ist eine Schnittansicht des Drehgewinderings, der im Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 20 benutzt wird;

[0073] **Fig.** 22 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus gemäß **Fig.** 20;

[0074] **Fig.** 23A bis **Fig.** 23C sind schematische Längsschnittansichten, die verschiedene Kugelumlaufspindelmechanismen auf dem Stand der Technik zeigen; und

[0075] **Fig.** 24 ist eine fragmentarische Längsseitenansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus auf dem Stand der Technik.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0076] Nehmen wir zunächst Bezug auf **Fig.** 1; ein im allgemeinen zylindrisches Gehäuse **25** hat einen Halter (nicht dargestellt), durch den das Gehäuse **25** mit einem Kfz-Chassis oder einer Karosseriestruktur fest verbunden ist. In diesem Gehäuse befindet sich eine Lenkwelle **21**, die sich drehbar durch das Gehäuse **25** erstreckt und an seinen einander gegenüberliegenden Enden mit entsprechenden Verbindungsstangen T und T antreibend verbunden ist, die ihrerseits mit einem Lenkmechanismus (nicht gezeigt) zum Lenken z. B. der vorderen Antriebsräder antreibend verbunden sind.

[0077] Eine Lenkstange **9** erstreckt sich von einem Endteil des zylindrischen Gehäuses **25** aus diagonal nach oben und ist mit ihrem oberen Ende mit einem Lenkrad (nicht gezeigt) fest verbunden. Die Lenkstange **9** ist drehbar gehaltert und wenn das Lenkrad im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn um die Längsachse der Lenkstange **9** gedreht wird, wird die Drehung der Lenkstange **9** über einen Bewegungsübertragungsmechanismus **22**, der am unteren Ende der Lenkstange **9** angebracht ist, auf die Lenkwelle **21** übertragen, so daß die Lenkwelle 21 im zylindrischen Gehäuse **25** axial bewegt werden kann. Der Bewegungsübertragungsmechanismus **22** beinhaltet eine Zahnstange **8**, die Teil eines länglichen Teils der Lenkwelle **21** sein kann oder auch auf andere Weise auf dieser ausgebildet sein kann, sowie ein Ritzel (nicht dargestellt), das fest am unteren Ende der Lenkstange **9** befestigt ist und in die Zahnstange **8** im zylindrischen Gehäuse **25** eingreift. Obwohl nicht gezeigt, ist ein Lenkdrehmomentdetektor in Zusammenwirken mit der Lenkstange **9** zum Erfassen des Lenkdrehmoments vorgesehen, mit dem die Lenkstange **9** gedreht wird.

[0078] Das zylindrische Gehäuse **25** ist von einer im allgemeinen dreiteiligen Konstruktion, einschließlich eines in der Mitte liegenden zylindrischen Körpers **25a** und der im allgemeinen röhrenförmigen Glieder **25b** und **25c**, die auf den entsprechenden, einander gegenüberliegenden Enden des dazwischenliegenden zylindrischen Körpers **25a** aufgesetzt sind. Ein im allgemeinen zylindrischer Stator **24b** eines elektrischen Antriebsmotors **24** ist koaxial in dem dazwischenliegenden zylindrischen Körper **25a** des Gehäuses **25** angeordnet und im wesentlichen in der Mitte der Länge des Gehäuses **25** positioniert. Dieser zylindrische Stator **24b** besteht aus einem Spulenkern und einer Statorspule. Ein zylindrischer Rotor **24a** des elektrischen Antriebsmotors **24** ist in dem zylindrischen Stator **24b** untergebracht und weist eine äußere periphere Fläche auf, die mit einem kurzen Abstand radial nach innen von einer inneren peripheren Fläche des Stators **24b** beabstandet ist, um zwischen ihnen einen Spalt zu definieren. Der zylindrische Rotor **24a** besteht aus einem Magneten oder aus magnetischem Material, und ist auf einer Muffe 27 gemeinsam rotierend mit derselben montiert. Die obengenannte Lenkwelle **21** erstreckt sich innerhalb der Muffe **27** zur Bewegung in axialer Richtung. Der elektrische Antriebsmotor **24** wird durch eine Motorantriebsschaltung (nicht gezeigt) gemäß dem Drehmoment gesteuert, das vom Lenkdrehmomentdetektor erfaßt wird.

[0079] Eines der einander gegenüberliegenden Enden der Muffe **27**, anliegend an z. B. der Lenkstange **9**, wie gezeigt, wird innerhalb des Gehäuses **25** mittels eines Wälzlagers **26b** drehbar gehaltert. Das Wälzlager **26b** kann ein einzelnes Lager oder eine Kombination einer Vielzahl von Lagern sein und ist von einem Typ, der in der Lage ist, nicht nur eine Radialbelastung sondern auch eine Axialbelastung aufzunehmen.

[0080] Die Drehung des elektrischen Antriebsmotors **24** kann über einen Kugelumlaufspindelmechanismus **23** auf die Lenkwelle **21** übertragen werden, um die Lenkwelle **21** innerhalb des Gehäuses **25** axial zu bewegen. Der Kugelumlaufspindelmechanismus **23** umfaßt eine Kugelumlaufspindelwelle **10**, die von einem axialen Teil der Lenkwelle **21** dargestellt wird. Mit anderen Worten, in der illustrierten Ausführungsform wird der axiale Teil der Lenkwelle **21** mit einer äußeren schraubenförmigen Gewinderille ausgebildet, um die Kugelumlaufspindelwelle **10** zu definieren.

[0081] Der Kugelumlaufspindelmechanismus **23** beinhaltet auch einen Drehgewindering **11**, die innerhalb des Gehäuses **25** durch ein Wälzlager **26a** drehbar gelagert wird, das außen auf dem Drehgewindering **11** montiert ist und dessen ein Ende in den zylindrischen Rotor **24a** des elektrischen Antriebsmotors **24** eingepreßt ist. Ein Ende des zylindrischen Rotors **24a**, anliegend an den Drehgewindering **11**, steht von der Muffe **27** axial nach außen vor, so daß es den Drehgewindering **11** unter Preßpassung aufnimmt.

[0082] Das Wälzlager **26a** kann ein einzelnes Lager oder eine Kombination einer Vielzahl von Lagern sein und ist von einem Typ, der in der Lage ist, nicht nur eine Radialbelastung sondern auch eine Axialbelastung aufzunehmen. In der illustrierten Ausführungsform ist das Wälzlager **26a** in der Form von z. B. einem Schrägkugellager oder dergl. ausgeführt und ist von einer Konstruktion, die innere und äußere Laufringe mit einer Gruppe von Rollelementen beinhaltet, die zwischen die inneren und die äußeren Ringe eingelegt sind.

[0083] Jetzt werden die Einzelheiten des Kugelumlaufspindelmechanismus **23** unter besonderem Hinweis auf **Fig.** 2 bis 5 beschrieben. Dieser Kugelumlaufspindelmechanismus **23** beinhaltet eine Kugelumlaufspindelwelle **10**, den Drehgewindering **11** und eine Gruppe von Drehmomentübertragungskugeln **13**, die treibend zwischen die Kugelumlaufspindelwelle **10** und den Drehgewindering **11** eingelegt sind.

[0084] Dieser Kugelumlaufspindelmechanismus **23** ist vom sogenannten "Endkappentyp", in dem der Drehgewindering **11** aus einem Gewinderingkörper **11a** und zwei Endkappen **14a** und **14b** besteht, die mit den entsprechenden, einander gegenüberliegenden Enden des Gewinderingkörpers **11a** verbunden sind.

[0085] Der Gewinderingkörper **11a** weist eine innere, schraubenförmige Gewinderille **51** auf (genannt eine "Innere Gewinderille"), die einen inneren schraubenförmigen Kugellaufring, einen Umlauftunnel **15a** und eine Vielzahl von Schraubenlöchern **53** aufweist. Die innere schraubenförmige Gewinderille **51** des Gewinderingkörpers **11a** liegt einer äußeren schraubenförmigen Gewinderille **50** (bezeichnet "Äußere Gewinderille") auf der Kugelumlaufspindelwelle **10**, die einen äußeren schraubenförmigen Kugellaufring definiert, gegenüber und ist damit ausgerichtet. Eine Kugelrollführung **12** für die Kugeln **13** ist zwischen der äußeren schraubenförmigen Gewinderille **50** und der inneren schraubenförmigen Gewinderille **51** definiert. Der umlaufende Tunnel **15a** erstreckt sich in den Gewinderingkörper **11a** in einer Richtung axial dazu, und seine einander gegenüberliegenden Enden sind mit entsprechenden gegenüber liegender Kugelrollführungen **12** verbunden, die axial zum Gewinderingkörper **11a** beabstandet sind, wie nachstehend beschrieben wird.

[0086] Die Endkappen **14a** und **14b** sind mit den einander gegenüberliegenden Enden des Gewinderingkörpers **11a** verbunden und werden benutzt, die Kugeln **13** von der äußeren schraubenförmigen Gewinderille 50 zum Umlauftunnel **15a** und dann von Umlauftunnel **15a** zur äußeren schraubenförmigen Gewinderille **50** zu führen, und haben die Form eines Rings mit einem Innendurchmesser gleich dem des Gewinderingkörpers **11a**. Jeder der Endkappen **14a** und **14b** weist einen Rillenführungsweg **17a** und **17b** auf, die auf der Oberfläche der entsprechenden Endkappe **14a** und **14b** definiert sind, die, wenn eine solche Endkappe **14a** und **14b** mit dem Gewinderingkörper **11a** verbunden ist, mit dem Gewinderingkörper **11a** in Berührung gebracht werden. Der Rillenführungsweg **17a** oder **17b**, der in jeder der Endkappen **14a** oder **14b** definiert ist, besteht aus einem schraubenförmigen Rillensegment, das in einer inneren peripheren Oberfläche der entsprechenden Endkappe **14a** oder **14b** in Verbindung mit der schraubenförmigen Innenrille **51** definiert ist, und öffnet einen Winkel von nicht über 180° im Hinblick auf die Längsachse des Gewinderingkörpers **11a** und ein schräges Rillensegment, das sich fortsetzt und sich radial nach außen schräg vom schraubenförmigen Rillensegment aus erstreckt. Auf diese Weise definieren der umlaufende Tunnel **15a** und die Rillenführungswege **17a** und **17b** eine Kugelumlaufdurchführung **15**.

[0087] Jede der Endkappen **14a** und **14b** ist mit Schraubenlöchern **56** an entsprechenden Stellen ausgebildet, die mit den Schraubenlöchern **53** im entsprechenden Ende des Gewinderingkörpers **11a** ausrichtbar sind, damit die entsprechenden Schrauben **55** eingesetzt werden können. Jede Endkappe **14a** oder **14b** weist eine Außenfläche auf, die mit einem darin definierten Stirnsenker in Ausrichtung mit dem entsprechenden Schraubeneinsetzloch **53** ausgeformt ist. Die Endkappen **14a** und **14b** sind an den entsprechenden Enden des Gewinderingkörpers **11a** mittels der Schrauben **55** befestigt, die durch die Schraubeneinsetzlöcher **56** geführt werden und in den entsprechenden Schraubenlöchern **53** festgezogen werden. Jede der Endkappen **14a** und **14b** weist eine äußere periphere Oberfläche auf, die sich graduell in einer Richtung weg von dem Gewinderingkörper **11a** verjüngt, und ein Kantenbereich jeder Endkappe **14a** oder **14b**, der zwischen der äußeren peripheren Fläche und der Außenfläche derselben begrenzt ist, ist geschrägt, damit sie eine bogenförmig gekrümmte Schnittform darstellt.

[0088] Der Drehgewindering **11** weist eine äußere Peripherie einer Form auf, die jetzt beschrieben werden soll. Wie bereits erwähnt, hat der Gewinderingkörper **11a** eine zylindrische Form und ist, wie am besten in **Fig.** 3 gezeigt wird, integral mit einem ringförmigen Flansch zum Positionieren des Wälzlagers **26a** ausgebildet, so daß er von einem allgemeinen Zwischenteil der äußeren peripheren Fläche des Gewinderingkörpers **11a** radial nach außen vorsteht. Der Ringflansch **57** hat eine zylindrische äußere periphere Fläche mit einem Teil ihres Umfangs, der bei **57a** für Positionierungszwecke geglättet ist. Entsprechende Teile der äußeren peripheren Fläche des Gewinderingkörpers **11a** sind auf entsprechenden Seiten des Ringflansches **57** als ein zylindrischer Oberflächenbereich **58**, auf den das Wälzlager **26a** preßgepaßt ist, und ein Montagebereich **62**, auf dem der zylindrische Rotor **24a** des elektrischen Antriebsmotors **24** montiert ist, ausgebildet. Eine äußere periphere Fläche des Endes des Gewinderingkörpers **11a** anliegend an den zylindrischen Flächenbereich **58**, d. i., ein Teil der äußeren peripheren Fläche des

Drehgewinderings **11**, begrenzt zwischen dem zylindrischen Oberflächenbereich **58** und dessen Endfläche, ist leicht konvergierend in einer Richtung axial nach außen von dem Drehgewindering **11** in Richtung zur Endkappe **17a**, um so eine abgeschrägt zulaufende Oberfläche **59** mit einem bei M geschrägten Kantenbereich zu definieren, so daß er eine bogenförmig gekrümmte Schnittform darstellt, um auf diese Weise ein etwaiges Fressen des Kantenbereichs zu verhindern.

[0089] Andererseits ist der Montagebereich **62** leicht konvergierend in einer Richtung axial nach außen in Richtung zur Endkappe **146** von einem zylindrischen Oberflächenbereich zum gegenüberliegenden Ende abgeschrägt, um so eine abgeschrägte Oberfläche **60** zu definieren. Ein gerändelter Oberflächenbereich **61** ist auf dem zylindrichen Bereich der Montagefläche **62** und auf einem Teil der geschrägten Oberfläche **60** definiert, um den zylindrische Rotor **24a** gegen das Drehen des Drehgewinderings **11** zu blockieren. Der gerändelte Oberflächenbereich **61** muß nicht immer auf eine Vielzahl paralleler Rillen begrenzt sein, sondern kann auch netzförmige Rillen enthalten. Jede der abgeschrägten Oberflächen **59** und **60** auf den entsprechenden Enden des Gewinderingkörpers **11a** ist in einem Winkel von 10° bis 15° geschrägt.

[0090] Der Gewinderingkörper **11a** und die Endkappen **14a** und **14b**, die entsprechende Teile der Drehgewindering **11** bilden, sind vorzugsweise aus einer gesinterten Legierung hergestellt. Das Ausbilden dieser Komponenten des Drehgewinderings **11** kann ausgeführt werden durch Benutzen einer bekannten Spritzgießmaschine unter Verwendung eines Metallpulvers, die so eingestellt ist, daß sie eine plastifizierbare Form darstellt.

[0091] Jetzt wird ein Beispiel der Herstellung unter Anwendung der Spritzgießmaschine beschrieben. Zunächst wird ein Metallpulver und ein Binder aus einem Gemisch von Kunststoff mit Wachs in einer Knetmaschine geknetet und das entstehende geknetete Produkt wird dann stückig gemacht, um Tabletten herzustellen. Das Metallpulver, das in der Praxis der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann, liegt vorzugsweise in der Form eines metallischen Materials vor, das anschließend carbonisiert und abgeschreckt wird und 0,2% Kohlenstoff (C), 1 bis 2% Nickel (Ni) und den Rest Eisen (Fe) enthalten kann.

[0092] Die so gefertigten Tabletten werden in einen Trichter **30** der Spritzgießmaschine **29** gemäß **Fig.** 6 gefüllt und werden nach dem Erwärmen bis zum Schmelzen in der Spritzgießmaschine **29** in eine Form **31** gespritzt. Die in der Praxis der vorliegenden Erfindung benutzte Spritzgießmaschine **29** ist ähnlich den im allgemeinen zusammen mit Kunststofformen benutzten Geräten und umfaßt einen Zylinder **32** mit einer Düse **32a**, die im Formausgang der Maschine **29** sitzt, einen Schneckenaufgeber **35**, der in den Zylinder **32** eingepaßt ist und von einem Hydraulikmotor **34** durch einen hydraulischen Zylinder **33** angetrieben wird, und eine Heizvorrichtung, die außerhalb des Zylinders 32 zum Erwärmen der Formmasse bestimmt ist, das durch den Schraubenaufgeber **35** in die Form eingespritzt wird.

[0093] Eine schraubenförmige Rille, die schließlich die äußere schraubenförmige Rille **50** auf der Kugelumlaufspindelwelle **10** der Lenkwelle **21** bildet, wird durch Anwenden einer Rolltechnik ausgebildet. Wie insbesondere in **Fig.** 7A gezeigt wird, hat die äußere schraubenförmige Rille **50** eine Rillenfläche, die aus einer abgeschreckten gehärteten Schicht **117** durch Auflegen einer schraubenförmigen Heizspule **116** in der Nähe der äußeren schraubenförmigen Rille **50** gebildet wird, mit einem Krümmungsradius, der gleich dem durchschnittlichen Schnittkrümmungsradius der äußeren schraubenförmigen Rille ist, und dann Drehen der Kugelumlaufspindelwelle 10, um sie axial vorzuschieben, wie durch die Pfeile in **Fig.** 7A angezeigt wird, sobald die Lenksäule **21** mit dem Schraubengangwinkel der schraubenförmigen Rille übereinstimmt. Es muß darauf hingewiesen werden, daß auch die schraubenförmige Heizspule **116** eine Vielzahl von Windungen aufweisen kann.

[0094] Die abgeschreckte ausgehärtete Schicht **117**, die auf diese Weise auf der Rillenfläche der schraubenförmigen äußeren Rille **50** ausgebildet ist, ist wie in **Fig.** 7B gezeigt wird, anders als die ausgehärtete Schicht **112** auf dem Stand der Technik, gleichmäßig während des Hochfrequenz-Abschreckprozesses von der Wärmespule **116** beabstandet und hat daher eine im allgemeinen gleichmäßige vorgegebene Höhe. Ein Oberflächenteil zwischen den benachbarten Windungen der schraubenförmigen äußeren Rille **50** in der Kugelumlaufspindelwelle **10** wird nicht tiefer abgeschreckt als erforderlich. Hier ist zu beachten, daß die abgeschreckte gehärtete Schicht **117** eine Oberflächenhärte von **55** bis **62** HRC Rockwell, und eine effektive Dicke in einem Bereich von 0,20 bis 1,10 mm aufweist.

[0095] Jetzt wird die Wirkungsweise und Funktion der oben angegebenen Struktur beschrieben. Angenommen, das Kraftfahrzeug fährt geradeaus, ohne daß das Lenkrad wesentlich gedreht wird, auf diese Weise gibt der der Lenkstange **9** zugeordnete Lenkdrehmomentdetektor (nicht angezeigt) keinen Ausgang ab und damit wird der elektrische Antriebsmotor von den Motorantriebsmitteln (nicht gezeigt) in Leerstellung gehalten. Dementsprechend steht die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung in einer Stellung, in der sie keine Hilfslenkkraft abgibt.

[0096] Wenn nun das Lenkrad gedreht wird, gibt der der Lenkstange **9** zugeordnete Lenkdrehmomentdetektor einen Ausgang ab, und unter der Steuerung der Motorsteuerschaltung dreht der elektrische Antriebsmotor **24** den Rotor **24a**. Durch das Drehen des Rotors **24a** wird der Drehgewindering **11** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23** zusammen mit dem Rotor **24a** gedreht und bewirkt, daß die Lenkwelle **21**, die ein integraler Teil der Kugelumlaufspindelwelle **10** ist, sich axial bewegt und somit eine un-

terstützte Lenkkraft erzeugt.

[0097] Zu diesem Zeitpunkt bewegen sich die Kugeln **13** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23** rollend innerhalb der Kugelführungsbahn, die zwischen den schraubenförmig inneren und äußeren Rillen **50** und **51** definiert ist, und zirkulieren von der Kugelrollführungsbahn zurück zu der Kugelrollführungsbahn durch die Führungsbahn **17a** in der Endkappe **14a**, dann durch den Umlauftunnel **15a** und schließlich durch die Führungsbahn **17b** in der Endkappe **14b**.

[0098] Auf diese Weise kann die Lenkkraft des Lenkrads durch den elektrischen Antriebsmotor **24** unterstützt werden.

[0099] Da in der elektrisch betriebenen Lenkvorrichtung der oben beschriebenen Struktur der Gewinderingkörper **11a** des Drehgewinderings **11** mit der abgeschrägten Oberfläche **59** auf der peripheren Außenfläche ausgeformt ist, an deren Ende das Wälzlager **26a** aufgepreßt ist, kann das Preßpassen des Wälzlagers **26a** zusammen mit einer erhöhten Bearbeitbarkeit leicht erzielt werden, ohne Zulassen einer Fehlausrichtung des Wälzlagers **26a** mit dem Drehgewindering **11**. Andererseits, da die Außenperipherie des Endes des Gewinderingkörpers **11a**, auf dem der Rotor **24a** montiert ist, in die abgeschrägte Oberfläche **60** ausgebildet ist, kann das Führen des Rotors **24a** während des Zusammenbaus des Rotors **24a** leicht erreicht werden. Da die abgeschrägte Oberfläche **60** auch teilweise mit dem gerändelten Oberflächenbereich **61** zum Sperren des Motors **24a** ausgebildet ist, kann die gerändelte Oberfläche **61** effektiv eine größere Breite haben, die eine stärkere Wirkung zum Sperren des Rotors **24a** gegen seine Drehung ermöglicht.

[0100] Soweit der Gewinderingkörper **11a** aus einer gesinterten Legierung gefertigt ist, kann der Gewinderingkörper **11a** durch Anwenden der Spritzgußtechnik kombiniert mit Sintern auf Massenproduktionsbasis gefertigt werden, um damit die Anwendung eines Metallbearbeitungsprozesses, wie Drehen und Schleifen, auszuschließen. Die Technik, in der die Spritzgußtechnik und die Sintertechnik zusammen benutzt werden, und die hochgenau ist, wurde entwickelt und kann daher zum Herstellen des Drehgewinderings **11** mit hoher Präzision benutzt werden. Auch da der gerändelte Oberflächenbereich **61** ebenfalls während des Spritzgußprozesses geformt werden kann, kann auf die ringförmige Rille, die nur für den Rollprozeß bestimmt war, vorteilhafterweise verzichtet werden durch Zulassen, daß der gerändelte Oberflächenbereich **61** in einer Position anliegend an den Ringflansch **57** ausgebildet wird. Zu diesem Zweck kann der gerändelte Oberflächenbereich **61** ferner die Breite effektiv sichern.

[0101] Ferner kann infolge der eindeutigen Formen des Gewinderingkörpers **11a** und der Endkappen **14a** und **14b** der Zusammenbau weiter erleichtert werden, zusammen mit einer verbesserten Bearbeitbarkeit.

[0102] Ferner wird die Tiefe der abgeschreckten ausgehärteten Schicht, die auf der Rillenfläche der schraubenförmigen äußeren Rille **50** der Kugelumlaufspindelwelle **10** entlang der Krümmung der schraubenförmigen äußeren Rille gleichmäßig auf dem vorgegebenen Wert gehalten, und deshalb kann die Roll-Lebensdauer der schraubenförmigen äußeren Rille **50** gesichert werden, und durch Ermöglichen, daß die gehärtete Schicht nicht auf eine Tiefe gebildet wird, die größer als notwendig ist, läßt sich die Lenkwelle **21** mit ausgezeichneter Festigkeit und ausgezeichneter Geradheit erzielen.

[0103] Jetzt wird eine zweite bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0104] Die elektrisch betriebene Lenkvorrichtung gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist im wesentlichen ähnlich der ersten bevorzugten Ausführungsform, indem das Wälzlager **26a** und der Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** zusammen einen auf das Lager montierten Kugelumlaufspindelmechanismus **90** bilden.

[0105] Wie in **Fig.** 8 gezeigt wird, ist der auf das Lager aufgebaute Kugelumlaufspindelmechanismus **90** von einer Konstruktion, in der eine äußere periphere Oberfläche des Drehgewinderings **11A** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** mit einem Innenlaufring **95** für das Wälzlager **26a** integral ausgebildet ist, so daß das Wälzlager **26a** und der Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** zusammen in einer einzigen Komponente integriert sind.

[0106] Das Wälzlager **26a** benutzt den Drehgewindering **11A** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** als Innenlaufring und beinhaltet, zusätzlich zu dem Drehgewindering **11A**, einen Außenlaufring **92**, eine Vielzahl von Rollerelementen **93**, die treibend zwischen den entsprechenden Laufringen **95** und **97** der inneren und äußeren Laufbahnen eingelegt sind, und einen Käfig **94** zum Halten der Rollerelemente **93**. Die Rollerelemente **93** werden in der Form von Kugeln, wie z. B. Stahlkugeln, angewandt und jeder der Innenlaufringe **95** und der Außenlaufringe **97** ist in der Form einer Rille eines im wesentlichen bogenförmigen Querschnitts vorhanden. Dieses Wälzlager **26a** ist von einem Typ, der in der Lage ist, die Radial- und Schubbelastungen aufzunehmen und die Beziehungen zwischen den Rollerelementen **93** und den spezifischen Laufringen **97** und **97** der inneren und äußeren Laufbahnen ist ähnlich der in einem Tiefrillenkugellager oder einem Schrägkugellager.

[0107] Wie in **Fig.** 9 und 10 gezeigt wird, ist der Kugelumlaufspindelmechanismus **23a** im wesentlichen ähnlich dem, der in der ersten bevorzugten Ausführungsform angewandt wird, abgesehen davon, daß die äußere periphere Oberfläche des Drehgewinderings **11A** mit zusammen dem inneren Laufring **95** für das Wälzlager **26a** ausgeformt ist. Deshalb werden die Einzelheiten des Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** zwecks Kürze hier nicht noch einmal erklärt.

[0108] Da in dieser elektrisch angetriebenen Lenkvorrichtung der auf das Lager montierte Kugelumlaufspindelmechanismus **90** von einer Struktur ist, in

der der innere Laufring **95** für das Wälzlager **26a** direkt auf die äußere periphere Fläche des Drehgewinderings **11A** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** ausgebildet ist, kann der Lageraußendurchmesser D um eine Größe entsprechend der Wanddicke des inneren Laufrings kleiner sein, der bei einem Lager auf dem Stand der Technik gemäß **Fig.** 8 verwendet wird. Unter der Annahme, daß der Lageraußendurchmesser D gleich dem des Lagers auf dem Stand der Technik ist, kann der Außendurchmesser d des Drehgewinderings **11A** um eine Größe entsprechend der Wanddicke des inneren Laufrings im Lager auf dem Stand der Technik vergrößert werden, und dafür kann die Haltbarkeit des Kugelumlaufspindelmechanismus **23A** vorteilhafterweise erhöht werden. Da auch der Laufring **95** für das Wälzlager **26a** auf der äußeren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings **11A** ausgebildet ist, läßt sich die Anzahl der erforderlichen Komponenten reduzieren, was zur Verbesserung der Zusammenbaubarkeit führt.

[0109] Nachstehend wird die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0110] Diese elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß der dritten bevorzugten Ausführungsform ist im wesentlichen ähnlich der gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform, abgesehen davon, daß sich der angewandte Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** von dem Kugelumlaufspindelmechanismus **23** unterscheidet. Spezifisch wird im Kugelumlaufspindelmechanismus **23B**, der in der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, die Endkappe **14a** weggelassen.

[0111] Jetzt wird der Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** unter besonderem Hinweis auf **Fig.** 11 bis 14 beschrieben. Der gezeigte Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** beinhaltet die Kugelumlaufspindelwelle **10**, den Drehgewindering **10B** und die Kugelgruppe **13**, die zwischen der Kugelumlaufspindelwelle **10** und dem Drehgewindering **11B** liegt.

[0112] Der Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** ist von einem Typ, in dem eine der Endkappen integral mit dem Gewinderingkörper ausgeführt ist und daher ein integraler Teil des Drehgewinderings ist. Spezifisch beinhaltet der Drehgewindering **11B** den Gewinderingkörper **11Ba** und die Endkappe **14b**, die fest mit einem Ende des Gewinderingkörpers **11Ba** verbunden ist. Die Endkappe **14b** ist in der Form eines Rings mit einem Innendurchmesser gleich dem des Gewinderingkörpers **11Ba**.

[0113] Der Drehgewindering **11Ba** definiert in seinem Inneren die schraubenförmige Innenrille **51**, die der schraubenförmigen Außenrille **50** auf der Kugelumlaufspindelwelle **10** gegenüberliegt und mit ihr ausgerichtet ist, und dem Kugelumlaufdurchgang **15B**, der sich bis zu den einander gegenüberliegenden Enden der schraubenförmigen Innenrille **51** fortsetzt. Der Kugelumlaufdurchgang **15B** besteht aus dem Umlauftunnel **15Ba**, der sich axial zum Gewinderingkörpers **11Ba** erstreckt, und den Umlaufdurchgängen **15Bb** und **15Bc**, die sich von den einander gegenüberliegenden Enden des Umlauftunnels **15Ba** bis zu den entsprechenden einander gegenüberliegenden Enden der schraubenförmigen Innenrille **51** fortsetzt.

[0114] Der Gewinderingkörper **11Ba** weist die schraubenförmige Innenrille **51**, den Umlauftunnel **15Ba** des Kugelumlaufdurchgangs **15B** und einen der Rillenende-Umlaufdurchgänge **15Bb** auf, wohingegen der andere der Rillenende-Umlaufdurchgänge **15Bc** in der Endkappe **14b** definiert ist.

[0115] Der Rillenende-Umlaufdurchgang **15Bb** im Gewinderingkörper **11Ba** ist, wie in **Fig.** 14A gezeigt wird, ausgebildet als Bohrung, die sich vom anliegenden Ende der schraubenförmigen Innenrille **51** aus in Richtung zur äußeren Peripherie des Gewinderingkörpers **11Ba** erstreckt. Der Rillenende-Umlaufdurchgang **15Bc**, der in der Endkappe **14b** definiert ist, besteht, wie in **Fig.** 14B gezeigt wird, aus einem schraubenförmigen Rillensegment, definiert in einer inneren peripheren Fläche der Endkappe **14b** in Verbindung mit der schraubenförmigen Innenrille **51** und erstreckt sich über einen Winkel von höchstens 180° gesehen von der Längsachse des Gewinderingkörpers **11Ba** aus, und weist ein fortgesetztes geschrägtes Rillensegment auf und erstreckt sich radial nach außen, und schräg vom schraubenförmigen Rillensegment aus.

[0116] Der Gewinderingkörper **11Ba** und die Endkappe **14b** sind mit Schraubeneinsetzlöchern **56** ausgebildet und die darin ausgebildeten Schraubenlöcher **53** sind an entsprechenden Stellen angeordnet, so daß sie miteinander ausrichtbar und in Umfangrichtung beabstandet angebracht sind. Die Endkappe **14b** weist eine Außenfläche mit einem darin definierten Stirnsenker auf, ausgerichtet mit dem entsprechenden Schraubeneinsetzloch **53**. Die Endkappe **14b** ist an dem anliegenden Ende des Gewinderingkörpers **11Ba** mittels Schrauben **55** (**Fig.** 11) befestigt, die durch die Schraubeneinsetzlöcher **56** eingeschoben und in den entsprechenden Schraubenlöchern **53** festgeschraubt sind. Die Endkappe **14b** hat eine periphere Außenfläche, die in einer Richtung weg vom Gewinderingkörper **11Ba** geschrägt ist zum definieren der geschrägten Oberfläche **84**, und ein Kantenbereich **83** der Endkappe **14b**, begrenzt zwischen der peripheren Außenfläche und der äußeren Oberfläche, ist gefast, damit die Möglichkeit besteht, bogenförmig gekrümmte Querschnittformen darzustellen.

[0117] Jeder Gewinderingkörper **11Ba** und die Endkappe **14b**, die entsprechende Teile des Drehgewinderings **11B** bildet, sind vorzugsweise aus einer gesinterten Legierung hergestellt. Wie schon bei der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, kann die Ausbildung dieser Komponenten des Drehgewinderings **11B** ausgeführt werden durch Benutzen einer Spritzgießmaschine, gezeigt in **Fig.** 6, und Anwenden des Metallpulvers, das

so eingestellt wird, daß sich eine plastifizierbare Form bildet.

[0118] In der elektrisch angetriebenen Lenkvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, da der Drehgewindering **11B** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** nur eine Verbindung zwischen dem Gewinderingkörper **11Ba** und der Endkappe **14b** aufweist, kann die Möglichkeit, daß die Rollbewegung der Kugeln **13** in der schraubenförmigen Innenrille **51** und der Umlauf der Kugeln 13 im Kugelumlaufdurchgang **15B** bei offener Verbindung behindert werden, um etwa 50% gegenüber dem, was durch das Vorkommen von zwei Verbindungen entstehen könnte, reduziert werden. Aus diesem Grund kann die rollende Bewegung und Schmierung der Kugeln **13** glatt durchgeführt werden mit einer verringerten Wahrscheinlichkeit, daß der Schmierfilm von den Oberflächen der Kugeln **13** abgezogen wird. Dementsprechend kann der Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** eine erhöhte Lebensdauer haben. Da auch der Drehgewindering **11B** aus dem Gewinderingkörper **11B** und der einzigen Endkappe **14b** besteht, reduziert sich die Anzahl der Bauteile und führt zu einer exzellenten Zusammenbaubarkeit, so daß die Automatisierung der Fertigung des Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** erleichtert wird.

[0119] Im allgemeinen ist es gängige Praxis, wenn die gesonderte Endkappe auf den Gewinderingkörper aufgeschraubt werden muß, daß in Erwartung einer etwaigen Fehlausrichtung zwischen der Endkappe und dem Gewinderingkörper beim Festziehen dieser beiden die Endkappe mit einem größeren Durchmesser (z. B. mit Φ 0,2) als der des Gewinderingkörpers gewählt wird, und andererseits das Wälzlager mit Überlagerung aufgepreßt wird, so daß die äußere Peripherie der Endkappe nicht von der äußeren Peripherie des Gewinderingkörpers radial nach außen vorstehen kann. Dementsprechend kann, wie es bei dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung der Fall ist, da wo eine der Endkappen die anliegend an das Wälzlager positioniert wird, mit dem Gewinderingkörper **11Ba** integral ausgebildet wird, nicht nur die Arbeit des Befestigens der Endkappe **14B** an dem Gewinderingkörper **11Ba** um die Hälfte reduziert werden, sondern es wird auch keine Verbindung auf der äußeren peripheren Oberfläche ausgebildet, und daher läßt sich das Wälzlager **26a** leicht auf den Gewinderingkörper **11Ba** aufpressen.

[0120] Weil nur eine der Endkappen, und zwar die Endkappe **14b**, nicht integral mit dem Gewinderingkörper **11Ba** ausgebildet werden kann und davon getrennt sein muß wegen eines Problems, das mit dem Einführen der Kugeln **13** zu tun hat, wirken aufgrund der Tatsache, daß die äußere Peripherie der Endkappe **14b** mit einer zusammengesetzten Form einschließlich der abgeschrägten Oberfläche **84** konstruiert ist, die progressiv von dem anliegenden Ende des Gewinderingkörpers **11Ba** und dem bogenförmig gefasten Kantenbereich **83** wegführt, diese als Führungsfläche dient, entlang welcher der Rotor **24a** des elektrischen Antriebsmotors 24 beim Montieren desselben auf den Drehgewindering geführt werden kann, was eine weitere Verbesserung der Bearbeitbarkeit bewirkt.

[0121] Hier muß darauf hingewiesen werden, daß es, wie in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, möglich ist, den inneren Laufring für das Wälzlager **26a** integral auf der äußeren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings **11B** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** auszubilden.

[0122] Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt den Kugelumlaufspindelmechanismus, der im wesentlichen ähnlich dem einer beliebigen der ersten bis dritten Ausführungsform ist, abgesehen davon, daß der Kugelumlaufspindelmechanismus, der in der Praxis der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt wird, eine Vielzahl von Kugelumlaufdurchgängen umfaßt und die abgeschrägt zulaufende Oberfläche der äußeren peripheren Oberfläche am Ende des Drehgewinderings entfällt.

[0123] Nehmen wir jetzt Bezug auf **Fig.** 15; dort wird eine schematische Schnittansicht des Kugelumlaufspindelmechanismus gezeigt, der in der Praxis der vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt wird. Wie gezeigt, beinhaltet der Kugelumlaufspindelmechanismus **23C** die Kugelumlaufspindelwelle **10** mit der schraubenförmigen Außenrille **50**, die auf ihrer äußeren peripheren Oberfläche in Form einer schraubenförmigen Mehrfachrille ausgebildet ist (z. B. Doppelschraubengangrille, wie in **Fig.** 15 gezeigt wird), wobei der Drehgewindering **11C** die schraubenförmige Innenrille **51** auf der peripheren Innenfläche in der Form einer entsprechenden Mehrfachschraubengangrille ausgebildet hat, und die Gruppe der drehmomentübertragenden Kugeln **13** reihenweise miteinander in der Kugelrollführungsbahn **12** angeordnet sind, die zwischen den schraubenförmigen Außen- und Innenrillen **50** und **51** definiert sind.

[0124] Wie in **Fig.** 15 gezeigt wird werden die Kugeln **13** in einer rillenförmigen Umkehrführungsbahn **17a** umgewendet, die in der Endkappe **14a** beispielsweise am linken Ende des Gewinderingkörpers **11C** definiert sind, wie in **Fig.** 15 gezeigt, so daß sie in einem Umlauftunnel **15Ca** laufen, der im Gewinderingkörper **11Ca** so definiert ist, daß er sich axial dazu erstreckt, und dann nach rechts innerhalb des Umlauftunnels **15C** in Richtung zur rechten Endkappe **14b** laufen, wie man in **Fig.** 15 sieht. Die Kugeln **13**, die sich zur rechten Endkappe **14b** bewegen, laufen dann in die Kugelrollführung **12**, die zwischen der Kugelumlaufspindelwelle **10** und dem Gewinderingkörper **11Ca** definiert ist, durch eine rillenförmige Umkehrführungsbahn **17b**, die in der Endkappe **14b** definiert ist. Auf diese Weise laufen die Kugeln **13** durch den Kugelumlaufspindelmechanismus **23C**. Der Gewinderingkörper **11Ca** hat eine ausreichende Wand-

dicke, so daß der Umlauftunnel **15Ca** in einer Anzahl ausgebildet werden kann, die der Anzahl der Mehrfachgewindegänge in der Wand des Gewinderingkörpers **11Ca** umfangmäßig beabstandet entspricht. Somit werden in der Praxis der vierten Ausführungsform die rillenförmigen Umkehrführungsgänge **17a** und **17b**, die als der obere und der untere Umlaufdurchgang **15C** dienen, deren jeder mit den einander gegenüberliegenden Enden der Kugelrollführungsbahn **12** in Verbindung stehen, und der Umlauftunnel **15Ca** in dem Gewinderingkörper **11Ca** definiert, und die Endkappen **14a** und **14b** sind fest auf den entsprechenden Enden des Gewinderingkörpers **11Ca** befestigt.

[0125] Die Endkappen **14a** und **14b** sind an den entsprechenden Enden des Gewinderingkörpers **11Ca**, wie in **Fig.** 16A gezeigt wird, mittels Befestigungsschrauben **16**, die z. B. mit einer sechseckigen Senkung im Kopf versehen sind, festgezogen. Wie in **Fig.** 17A und 17B gezeigt wird, weist ein Befestigungsloch, das in jeder der Endkappen **14a** und **14b** zur Aufnahme der entsprechenden Befestigungsschrauben **16** definiert ist, eine Senkung **19** auf, in die der Kopf der Befestigungsschraube **16** vollständig in die Senkung **19** eingedreht werden kann, ohne von der Außenendfläche der zugeordneten Endkappe **14a** oder **14b** aus nach außen vorzustehen. Zusätzlich hat jede der verschiedenen Senkungen **19** eine geeignete Anzahl, z. B. zwei, wie in **Fig.** 17A gezeigt wird, von Vorsprüngen **19a**, die dort definiert sind, so daß nach dem Festziehen der entsprechenden Befestigungsschraube **16** die Vorsprünge **19a** durch einen Kerbschlag mit einem geeigneten Kerbwerkzeug (nicht gezeigt) plastisch verformt werden können, um auf diese Weise die entsprechenden Sperrstücke **19a** zu bilden, wie in **Fig.** 17C gezeigt wird, was dazu dient, zu verhindern, daß sich die festgezogenen Feststellschrauben **16** wieder lösen.

[0126] Die rillenförmigen Umkehrführungsbahnen **17a** und **17b**, die in den entsprechenden Endkappen **14a** und **14b** definiert sind, sind so ausgebildet, daß sie sich an entsprechenden Endflächen öffnen, wie in **Fig.** 18A und 18B entsprechend gezeigt wird. Diese rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b** entsprechen nach Position und auch nach Anzahl der Position und der Anzahl der Umlauftunnels **15Ca**, definiert im Gewinderingkörper **11Ca**, und sind allgemein schraubenförmig ausgeführt, um der Schraubenrichtung der Kugelrollführungsbahn **12** zu folgen, um sich bogenförmig oder tangential um die Kugelumlaufspindelwelle 10 herum zu erstrecken, so daß die einander gegenüberliegenden Enden der Umlauftunnels **15Ca** glatt mit der Kugelrollführungsbahn **12** in Verbindung gesetzt werden können.

[0127] Zusätzlich sind die rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b**, die in den entsprechenden Endkappen **14a** und **14b** definiert sind, wie in **Fig.** 18A und 18B gezeigt wird, so geformt, daß sie eine Rille mit einem im allgemeinen halbkreisförmigen Querschnitt bilden mit einem Innendurchmesser, der etwas größer ist als der Außendurchmesser der einzelnen Kugeln **13**, deren Tiefe ein Maximum an einer Stelle ist, wo sie mit dem Durchlauftunnel **15Ca** in Berührung kommen, und ein Minimum an einer Stelle, wo sie mit der Kugelrollführungsbahn **12** in Berührung kommen. Also hat jeder rillenförmige Umkehrdurchgang **17a** und **17b** eine Rillentiefe, die sich ständig ändert, um eine im allgemeinen schräge Rille darzustellen.

[0128] Die rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b** können in entsprechenden gegenüberliegenden Endflächen des Gewinderingkörpers **11Ca** in Verbindung mit dem umlaufenden Tunnel **15Ca** ausgebildet sein, wie in **Fig.** 18C und 18D gezeigt wird. Hier muß darauf hingewiesen werden, daß in den **Fig.** 18A bis 18D die rillenförmigen Endflächen **17a** und **17b** so ausgebildet sind, daß sie die Endflächen des Gewinderingkörpers **11Ca** und die Endkappen **14a** und **14b** überspannen, was jedoch nicht immer darauf begrenzt sein muß, und es kann auch nur einer derselben ausgebildet sein.

[0129] Zum Positionieren der rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b**, die in den entsprechenden Endkappen **14a** und **14b** relativ zu dem Umlauftunnel **15Ca** ausgebildet sind, sind vorzugsweise ringförmige Positionierungsvorsprünge **18a** und ringförmige Positionierungsaussparungen **18b**, die so angepaßt sind, daß sie die ringförmigen Vorsprünge **18a** aufnehmen, vorzugsweise an entsprechenden Stellen anliegend an den Umlauftunnel **15C** ausgebildet, so daß, wenn die ringförmigen Positionierungsvorsprünge **18a** in die zugeordneten ringförmigen Positionierungsaussparungen **18b** eingreifen, die rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b** in Ausrichtung mit dem Umlauftunnel **15Ca** genau positioniert werden können.

[0130] In der äußeren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings **11C** ist ein Lagermontage-Oberflächenbereich **11Cc** definiert (siehe **Fig.** 16), auf dem das Wälzlager **16a** zum drehenden Haltern des Drehgewinderings **11C** relativ zum Gehäuse **25** montiert ist, gezeigt in **Fig.** 19A, sowie eine Motormontagefläche **11Cd** (Siehe **Fig.** 16), auf der der zylindrische Rotor **24a** des elektrischen Antriebsmotors **24** befestigt ist. Der Lagermontageflächenbereich **11Cc** ist, wie in **Fig.** 16A gezeigt wird, mit einem radial nach außen vorstehenden Flansch **11Ce** ausgebildet, der einen Positionsansatz für das Wälzlager **26a** bildet, während die Motormontagefläche **11Cd** mit einem parallelen gerändelten Oberflächenbereich zum Vermeiden eines etwaigen drehenden Kriechens des Rotors **24a** ausgebildet ist. Der ringförmige Flansch **11Ce** ist mit einer Vielzahl von Montagelöchern **11Cf** (siehe **Fig.** 16A und 16B) zum Montieren des Rotors **24a** des elektrischen Antriebsmotors **24** ausgebildet. Der oben beschriebene Flansch **11Be** kann die Form eines Rings annehmen, wird aber im Hinblick auf leichtes Gewicht und Kompaktheit bevorzugt, wie in **Fig.** 16B gezeigt, der linke und der rechte Teil des Flansches abgeschnitten ist, um linke und rechte fla-

che Seitenflächen vorzusehen, die mit einem Abstand zwischen ihnen beabstandet angeordnet sind, der im allgemeinen gleich dem Außendurchmesser des Drehgewinderings **11C** ist und obere und untere Teile des Flansches sind ebenfalls ausgeschnitten, ohne die entsprechenden Positionen der Montagelöcher **11Cf** zu beeinträchtigen, um flache obere und untere Flächen vorzusehen. Hier wird angemerkt, daß, wie es bei der zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung der Fall ist, die äußere umlaufende Fläche des Drehgewinderings **11C** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23C** mit dem inneren Laufring für das Wälzlager **26a** integral ausgebildet sein kann.

[0131] Die schraubenförmige äußere Rille **50**, die in der Kugelumlaufspindelwelle **10** ausgebildet ist, wird mit Hilfe des Rollprozesses geformt, und die Endkappen **14a** und **14b** und der Gewinderingkörper **11Ca** werden durch die Anwendung des MIM- (Metall Injection Molding-Metallspritzguß)-Verfahren ausgeformt. Das Metallspritzgußverfahren ist so, daß, wie vorstehend beschrieben, das Erzeugnis durch Einstellen des Metallpulvers und mit der Anwendung einer Spritzgießmaschine in einer plastifizierbaren Form gefertigt werden kann, wie in **Fig.** 6 gezeigt wird.

[0132] Eine Gußformbaugruppe **33**, in die das Material für den Gewinderingkörper **11Ca** eingespritzt wird, um den Gewinderingkörper **11Ca** auszubilden, besteht aus, wie in **Fig.** 19A gezeigt wird, einer stationären Gußform **33a** und einem bewegbaren Gußteil **33b** sowie aus einem zylindrischen Kern **39** mit einer Gußhohlform 40 zum Ausbilden des Gewinderingkörpers **11Ca**, der zwischen dem stationären und dem bewegbaren Formteil **33a** und **33b** definiert ist. Ein treibendes Ende des zylindrischen Kerns **39** ist mit einer schraubenförmigen Projektion **39a** ausgebildet, die form-komplementär und zum Formen der schraubenförmigen äußeren Kugellaufrille **50** einer Vielfach-Gewinde-Form ist. Nach dem Spritzgießen des Gewinderingkörpers **11Ca** wird der zylindrische Kern 39 um seine Längsachse gedreht, damit er aus der Formbaugruppe **33** herausgezogen werden kann. In **Fig.** 19A stellt die Bezugszahl **41** einen Anschnitt, und die Bezugszahl **42** einen Angußverteiler dar.

[0133] **Fig.** 19B illustriert schematisch eine Formbaugruppe **43**, die zum Spritzgießen der Endkappe **14a** benutzt wird, die aus einer stationären Gußform **43a** und einer bewegbaren Gußform **43b** besteht, mit einem Hohlraum, der zum Ausbilden der Endkappen **14a** dient, die dazwischen definiert sind. Diese Gußformbaugruppe **43** weist eine interne Oberfläche auf, die dem Gußhohlraum **45** gegenüberliegt, wobei die Oberfläche aus Projektionen und Einschnitten besteht, die der Form nach zum Bilden des rillenförmigen Umkehrdurchlaufs **17a** in der Endkappe **14a** komplementär sind, die Senker **19** (nicht gezeigt) und die Verkerbungsprojektionen **19a** (nicht gezeigt) an entsprechenden vorgegebenen Stellen entsprechend darstellen. In **Fig.** 19B stellt die Bezugszahl **46** einen Anschnitt, und die Bezugszahl **47** einen Angußverteiler dar. Die Endkappe **14b** kann spritzgußgeformt werden durch Anwendung einer ähnlichen Gußformbaugruppe, aber die identische Gußformbaugruppe kann benutzt werden zum Ausformen der Endkappen **14a** und **14b**, wenn die Endkappen **14a** und **14a** von gegenseitig identischer und von symmetrischer Struktur sind.

[0134] Der durch den Spritzgießprozeß unter Verwendung der oben beschriebenen Gußbaugruppe **33** gebildete Gewinderingkörper **11Ca** und die durch den Spritzgießprozeß unter Verwendung der oben beschriebenen Gußformbaugruppe **43** gebildete Endkappe **14a** werden, nachdem sie aus den entsprechenden Gußformbaugruppen **33** und **43** ausgeformt wurden, in einen Sinterofen (nicht dargestellt) eingebracht, wo sie gesintert werden. Nach dem Sintern wird der Gewinderingkörper **11Ca** bearbeitet, um den Umlauftunnel **15Ca** und die Schraubenlöcher **16A** einzubohren (siehe **Fig.** 18C), und andererseits werden die Senker **19** in die Endkappe **14a** eingebohrt, um die entsprechenden Schraubenlöcher **16b** vorzusehen (siehe **Fig.** 18A). Anschließend werden sie wahlweise aufgekohlt und gehärtet wie gewünscht. Hier wird darauf hingewiesen, daß die ringförmigen Positionierungsvorsprünge **18a** und die zugehörigen Positionierungseinschnitte **18b** zur Aufnahme der entsprechenden Positionierungsvorsprünge **18a**, wie in **Fig.** 18A bis 18D gezeigt wird, vorzugsweise durch die Anwendung des Spritzgießverfahrens ausgebildet. Es muß ferner angemerkt werden, daß die Schraubenlöcher 16a im Gewinderingkörper **11Ca** vorzugsweise in der Form eines Sacklochs ausgebildet sind anstatt ganz durch die Länge des Gewinderingkörpers **11Ca** gebohrt zu sein.

[0135] In der elektrisch angetriebenen Lenkvorrichtung gemäß der vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird aus nachstehend beschriebenen Gründen vorgeschlagen, mindestens die aus der Gruppe der Endkappen **14a** und **14b** ausgeformten Endkappen **14a** und **14b** und den Gewinderingkörper **11Ca** durch das MIM-Verfahren herzustellen. Spezifisch, da der Endkappentyp vorteilhaft ist, weil die Struktur des rotierbaren Gewinderings **11C** ohne Ausbildung der Vorsprünge auf der äußeren Peripherie des rotierbaren Gewinderings **11C** vereinfacht werden kann, wobei die radiale Größe derselben wesentlich reduziert wird, kann die elektrisch betriebene Lenkvorrichtung als ganzes in einer kompakten Größe zusammengebaut werden. Andererseits, da der oben beschriebene Endkappentyp zwar von einfacher Struktur, jedoch so ist, daß die Laufrichtung der Kugelgruppen 13 im allgemeinen rechtwinklig zueinander liegt, ist es erforderlich, die Form und die Dimension der rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b**, die entsprechend in den Endkappen **14a** und **14b** gebildet werden, genau maßzuschneidern, um eine glatte Umlaufbewegung der Kugeln **13** sicherzustellen. Auch wo die Kugelrollführungsbahn **12** aus der Mehrfach-Schraubengang-

konstruktion ausgebildet wird, tendieren die rillenförmigen Umkehrdurchgänge **17a** und **17b** in den entsprechenden Endkappen **14a** und **14b** dazu, eine komplizierte Form anzunehmen, die eine erhöhte Anzahl von Bearbeitungsschritten erfordern, weshalb sie für Massenproduktion nicht geeignet sind. Hinsichtlich der schraubenförmigen Innenrillen 51 im Gewinderingkörper **11Ca**, wo er in der Form der Mehrfach-Gewindekonstruktion vorliegt, entstehen ähnliche Probleme.

[0136] Zwar kann die Anwendung eines Kunstharzes als Material für die Endkappen **14a** und **14b** in Erwägung gezogen werden, es kann jedoch möglich werden, daß als Ergebnis des Reibungsverschleißes die Haltbarkeit reduziert wird und die Umlaufbewegung der Kugeln nicht mehr gesichert ist wegen der Veränderung der Größe als Ergebnis der thermischen Schrumpfung und, zusätzlich können die Befestigungsschrauben mit dem richtigen Drehmoment festgezogen werden. Die vorliegende Erfindung benutzt das MIM-Verfahren, das in der Lage ist, die Vorteile dieser beiden Umstände zu nutzen, so daß die Endkappen **14a** und **14b** und der Gewinderingkörper **11Ca** des Kugelumlaufspindelmechanismus, der für die elektrisch betriebene Lenkvorrichtung zur Anwendung im Kraftfahrzeug benutzt wird, genau und preiswert gefertigt werden kann. Zusätzlich läßt sich die Außenperipherie des Drehgewinderings **11C** vereinfachen, damit der Rotor **24a** des elektrischen Antriebsmotors **24** und das Wälzlager **26a** übereinander montiert werden können, was zu einer Verringerung der radialen Größe führt und die Tragfähigkeit erhöht.

[0137] Wenn ferner die Endkappen **14a** und **14b** mit den einander gegenüberliegenden Enden des Gewinderingkörpers **11Ca** nur durch Festziehen der Befestigungsschrauben **16** verbunden sind, würde deren Anwendung in der elektrisch betriebenen Lenkvorrichtung für das Kraftfahrzeug zu einer unerwünschten Lockerung einiger oder aller Befestigungsschrauben **16** unter der Einwirkung der Vibrationen führen und die Endkappen **14a** und **14b** würden letztlich vom Gewinderingkörper **I1Ca** abfallen. Jedoch, da gemäß der vorliegenden Erfindung die Endkappen **14a** und **14b** mit Vorsprüngen **19a** rund um die entsprechenden Senker **19** versehen sind, so daß nach dem Anziehen der Befestigungsschrauben **16** diese Vorsprünge mit Hilfe eines geeigneten Verstemmwerkzeugs zum Bilden der Sperrstücke **19a'** verstemmt werden können, wird damit das Lockern der Befestigungsschrauben **16** mit einer einfachen Struktur verhindert. Damit kann das glatte Umlaufen der Kugeln **13** mit der wesentlich erhöhten Funktionalität und Zuverlässigkeit des Kugelumlaufspindelmechanismus **23C** sichergestellt werden.

[0138] Jetzt wird eine fünfte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0139] Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß der fünften bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich von der ersten bis vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung insofern, als die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform den Kugelumlaufspindelmechanismus eines Brückentyps benutzt, jedoch hinsichtlich der übrigen Komponenten den Ausführungsformen eins bis vier im wesentlichen ähnlich ist.

[0140] Unter besonderer Bezugnahme auf die **Fig.** 20 bis 22 wird der Kugelumlaufspindelmechanismus **23D** in Einzelheiten beschrieben. Dieser Kugelumlaufspindelmechanismus **23D** ist ein Kugelumlaufspindelmechanismus vom Brückentyp, in dem ein Brückenglied integral mit dem Drehgewindering ausgeführt ist, wie jetzt beschrieben werden soll. Die Kugelumlaufspindelwelle **10** weist die schraubenförmige Außenrille **50** auf, während der Drehgewindering **11D** die schraubenförmige Innenrille **51** aufweist, die der schraubenförmigen Außenrille **50** gegenüberliegt und mit ihr ausgerichtet ist. Die schraubenförmigen Außen- und Innenrillen **50** und **51** definieren einen Laufring, entlang dem die zwischen den schraubenförmigen Außen- und Innenrillen **50** und **51** positionierten Kugeln **13** sich rollend bewegen, wobei der Laufring eine im allgemeinen bogenförmige Schnittform oder ein Schnittform ähnlich der Form eines gotischen Spitzbogens aufweist.

[0141] Die innere periphere Fläche des Drehgewinderings **11d** ist als schraubenförmige Innenrille **51** und mit einer Umkehrrille **109** ausgebildet, die die anliegenden Windungen **51a** und **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** verbindet, und die einzelne Windung **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** und die Umkehrrille **109** zusammen bilden einen Umlaufkreis **110** für die Kugeln. Mit anderen Worten, einander gegenüberliegende Enden der einzelnen Windungen **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** sind verbunden mit der Einzelumkehrrille **109**, um den Umlaufkreis **110** einer Länge entsprechend dem Umfang der einzelnen Windung zu definieren, wie durch die eingepunktete Linie in **Fig.** 21 gezeigt wird. Die Umkehrrille **109** hat eine Tiefe, die ausreicht, daß jede Kugel **13**, die bewegbar in der schraubenförmigen äußeren Rille **50** auf der Kugelumlaufspindelwelle **10** sitzt, über eine Kante der schraubenförmigen Außenrille **50** hinweglaufen kann. Auch weist diese Umkehrrille **109** ein Seitenteil a auf, das mit der anliegenden Windung **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** in Verbindung steht und eine hinreichende Größe aufweist, daß jede Kugel **13** in die anliegende Windung **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** eintreten kann, jedoch weist der gegenüberliegende Seitenteil b eine Größe auf, die nicht zuläßt, daß die entsprechende Kugel **13** in die anliegende Windung **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** eintreten kann. Mittel, die sicherstellen, daß es unmöglich ist, daß die Kugeln **13** in die anliegende Windung **51a** eintreten, können aus einem Glied bestehen, das integral mit einer Seitenkante der Umkehrrille **109** ausgebildet ist oder auch gesondert und daran befestigt ist, und die wirksam sind zum Schließen der Gesamtheit oder eines Teils eines Querschnitts der schrau-

benförmigen Innenrille **51**.

[0142] Die Anzahl der Windungen **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** in dem Drehgewindering **11D** kann jeden geeigneten, willkürlich gewählten Wert annehmen und die Anzahl der Umlaufkreise **110** kann geeignet ausgewählt werden, um der Anzahl der Windungen **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** zu entsprechen. Die Position der Umkehrrille **109** auf jedem einzelnen Umlaufkreis **110** kann wunschgemäß geeignet ausgewählt werden, und in der gezeigten Ausführungsform sind sie in einem Winkel von 90° in Umlaufrichtung des Drehgewinderings **11D** um die Kugelumlaufspindelwelle **10** positioniert.

[0143] Es muß darauf hingewiesen werden, daß auch in der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die äußere periphere Fläche des Drehgewinderings **11D** des Kugelumlaufspindelmechanismus **23D** integral mit dem inneren Kugellaufring für das Wälzlager **26a** ausgebildet ist, wie es der Fall in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0144] Der Umlaufgewindering **11D** ist in seiner Gesamtheit integral ausgebildet durch Verwenden einer gesinterten Legierung, und dementsprechend werden entsprechende Teile des Drehgewinderings **11D**, wo die Umkehrrille **109**, die schraubenförmige Innenrille **51** und die äußere periphere Oberfläche ausgebildet sind, zusammen integral geformt. In der gezeigten Ausbildungsform ist der Drehgewindering **11D** ein integral geformter Teil einschließlich des ringförmigen Vorsprungs **11Da** auf dessen Außenperipherie, aber ein Teil, der ggf. als ringförmiger Vorsprung **11Da** ausgebildet ist, kann auch ein Glied sein, das getrennt von dem Drehgewindering **11D** ausgebildet wurde und auf einem Glied fest aufmontiert werden kann, das ggf. den Körper des Drehgewinderings **11D** bildet. Die Fertigung des Drehgewinderings **11D** kann auf eine ähnliche Weise ausgeführt sein wie oben beschrieben wurde, d. i. durch Bestimmen des Metallpulvers zum Plastifizieren und Gießen mittels Anwendung der Spritzgießmaschine, die in **Fig.** 6 gezeigt wird.

[0145] Da in der elektrisch betriebenen Lenkvorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung der Drehgewindering **11D** so konstruiert ist, daß die benachbarten Windungen **51a** der schraubenförmigen Innenrille **51** durch Mittel wie die Umkehrrille **109** miteinander verbunden sind, wird auf der Außenperipherie des Gewinderings kein Kugelumkehrlaufgang ausgebildet wie bei dem Brückentyp auf dem Stand der Technik, und damit kann der Drehgewindering **11D** einen kleineren Außendurchmesser aufweisen. Da ferner die Umkehrrille **109** integral mit dem Drehgewindering **11D** ausgeformt ist, wird anders als beim Brückentyp auf der äußeren Peripheriefläche des Drehgewinderings **11D** keine Stufe ausgebildet, wenn ein gesondertes Glied auf der äußeren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings **11D** montiert ist, und somit kann nicht nur der Innenring des Wälzlagers **26a** zum Haltern des Drehgewinderings **11D** auf der äußeren Peripheriefläche des Drehgewinderings **11D** positioniert und befestigt werden, sondern auch der Rotor **24a** des elektrisch angetriebenen Motors **24** kann auf der äußeren Peripherie des Drehgewinderings **11D** montiert werden. Angesichts dieser Merkmale kann die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung als Ganzes kompakt zusammengesetzt werden. Da auch die Umkehrrille **109** integral mit dem Drehgewindering **11D** ausgebildet ist, wird auf der inneren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings **11D** keine Verbindung gebildet, und daher können nicht nur die Kugeln glatt umlaufen, sondern auch der Kugelumlaufspindelmechanismus **23B** kann eine längere Lebensdauer aufweisen ohne Gefahr, daß der Schmierfilm von der Oberfläche der einzelnen Kugeln **13** abgerieben wird. Zusätzlich gibt es keine Notwendigkeit, das Brückenglied innerhalb des Befestigungslochs im Drehgewindering mit Hilfe eines Bindemittels zu befestigen, wie es auf dem Kugelumlaufspindelmechanismus vom Brückentyp auf dem Stand der Technik erforderlich ist, und damit wird nicht nur die Verarbeitbarkeit erhöht, sondern das Problem im Zusammenhang mit dem Durchsickern des Bindematerials kann vorteilhaft ausgeschlossen werden und es fällt kein Arbeitsgang zum Abarbeiten der Ablagerungen des Bindematerials an, und damit erhöht sich die Produktivität.

[0146] Da der Drehgewindering **11D** aus der gesinterten Legierung besteht, kann er durch die Anwendung des Spritzgießprozesses und der Sintertechnik hergestellt werden, und damit wird die Notwendigkeit zum Durchführen eines Bearbeitungsprozesses wie z. B. Drehen und Schleifen ausgeschlossen, was eine ausgezeichnete Massenproduktivität ergibt. Die hochpräzise Technik, mit der der Spritzgießvorgang und die Sintertechnik kombiniert ausgeführt werden können, wurde entwickelt und kann daher zum Herstellen des Drehgewinderings **11D** mit hoher Präzision angewandt werden.

Patentansprüche

1. Eine elektrisch angetriebene Lenkeinrichtung, die umfaßt:

Ein Gehäuse (**25**) ;

eine Lenkwelle (**21**), die antreibend verbunden ist mit einem Lenkmechanismus (**9**) für Lenkräder und die sich vollständig durch das Gehäuse erstreckt;

einen Bewegungsumsetzmechanismus (**22**) zum Übertragen einer Drehkraft, der eine von einem Lenkrad ausgeübte Drehkraft in eine Kraft umwandelt, die zum Bewegen der Lenkwelle (**21**) in einer Richtung axial zur Lenkwelle erforderlich ist;

ein Kugelumlaufspindelmechanismus (**23**) einschließlich einer Kugelumlaufspindelwelle (**10**), der einen Teil der Lenkwelle und einen Drehgewindering (**11**) bildet;

einen elektrischen Antriebsmotor (**24**), der den Dreh-

gewindering antreibt, wobei der Kugelumlaufspindelmechanismus die Kugelumlaufspindelwelle mit einer um diese herum ausgeformten schraubenförmigen Außenrille (**50**) umfaßt;
der Drehgewindering (**11**), der mit einer inneren schraubenförmigen Innenrille (**51**) ausgebildet ist, die der schraubenförmigen Außenrille (**50**) auf der Kugelumlaufspindelwelle (**10**) gegenüber liegt und mit dieser ausgerichtet ist;
eine Vielzahl drehmomentübertragender Kugeln (**13**), die innerhalb einer Kugelrollführungsbahn zwischen der schraubenförmigen Außenrille auf der Kugelumlaufspindelwelle und der schraubenförmigen Innenrille im Drehgewindering, und zum Übertragen einer Kraft zwischen dem Drehgewindering und der Lenksäule in Reihen angeordnet sind;
ein auf einer äußeren Peripherie des Drehgewinderings (**11**) montiertes Wälzlager (**26a**) zum drehbaren Haltern des Drehgewinderings relativ zum Gehäuse (**25**);
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Kugelumlaufdurchgang (**15**), der mit der Kugelrollführungsbahn (**12**) an seinen entsprechenden zwei einander gegenüberliegenden Enden teilweise in einem Gewinderingkörper (**11a**) des Drehgewinderings (**11**) und teilweise in mindestens einer an einem Ende des Gewinderingkörpers (**11a**) befestigten Endkappe ausgebildet ist,
daß die Kugelrollführungsbahn (**12**) an ihren entsprechenden, einander gegenüberliegenden Enden teilweise im Gewinderingkörper (**11a**) des Drehgewinderings (**11**) und teilweise in den an den entsprechenden, einander gegenüberliegenden Enden des Gewinderingkörpers positionierten Endkappen ausgebildet ist,
daß ein radial nach außen vorstehender Positionierungsflansch (**57**) zum Positionieren des Wälzlagers (**26a**) integral an einem im allgemeinen mittigen Teil der äußeren peripheren Oberfläche des Gewinderingkörpers ausgebildet ist,
daß Teile der äußeren peripheren Oberfläche des Gewinderingkörpers (**11a**) auf entsprechenden Seiten des ringförmigen Flansches (**57**) einerseits als ein zylindrischer Oberflächenberich (**58**), auf den ein Wälzlager (**26a**) preßgepaßt ist, und andererseits als ein Montagebereich (**62**) ausgebildet sind, auf den ein zylindrischer Rotor (**24a**) des elektrischen Antriebsmotors (**24**) montiert ist, und
daß ein Teil der äußeren peripheren Oberfläche des Gewinderingkörpers (**11a**), begrenzt zwischen dem zylindrischen Oberflächenbereich (**58**) und dessen Endfläche, leicht in Richtung des Drehgewinderings axial nach außen in Richtung zur Endkappe (**14a**) konvergiert, so daß er eine sich verjüngende Fläche (**59**) definiert.

2. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Endkappen integral mit dem Gewinderingkörper (**11a**) ausgebildet und ein integraler Teil des Drehgewinderings (**11**) ist.

3. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Montagebereich (**62**) axial nach außen in Richtung zur Endkappe (**14b**) von einer zylindrischen Oberfläche zum gegenüberliegenden Ende leicht konvergiert, um so eine abgeschrägt zulaufende Oberfläche (**60**) zu definieren.

4. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die abgeschrägt zulaufenden Oberflächen (**59**, **60**) an den entsprechenden Enden des Gewinderingkörpers (**11a**) in einem Winkel von 10° bis 15° abgeschrägt sind.

5. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein gerändelter Oberflächenbereich (**61**) auf dem zylindrischen Bereich des Befestigungsbereichs (**62**), und ein Teil der abgeschrägten Oberfläche (**60**) zum Verriegeln des zylindrischen Rotors (**24a**) definiert ist.

6. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der gerändelte Oberflächenbereich (**61**) eine Vielzahl paralleler Rillen oder maskenartiger Rillen enthält.

7. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Laufring (**95**) des Wälzlagers (**26a**) als ein integraler Teil auf der äußeren peripheren Oberfläche des Drehgewinderings (**11a**) ausgebildet ist.

8. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kugelumlaufspindelmechanismus (**23c**) eine Kugelumlaufspindelwelle (**10**) mit äußeren Mehrfachschraubengewinderillen (**50**) und einen Drehgewindering (**11c**) mit inneren Mehrfachschraubengewinderillen (**51**) umfaßt.

9. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gewinderingkörper des Drehgewinderings aus einer gesinterten Legierung hergestellt ist.

10. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Endkappen aus einer gesinterten Legierung hergestellt ist.

11. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die schraubenförmige Außenrille des Kugelumlaufspindelmechanismus eine Rillenfläche

aufweist, die mit einer abschreckgehärteten Schicht einer im allgemeinen gleichförmigen Tiefe ausgebildet ist, die mittels eines Hochfrequenz-Härtungsprozesses geformt ist.

12. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die abschreckgehärtete Schicht eine Rockwellhärte aufweist, die im Bereich **55** bis **62** HRC liegt.

13. Die elektrisch angetriebene Lenkvorrichtung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die abschreckgehärtete Schicht eine effektiv gehärtete Schichttiefe im Bereich von 0,20 bis 1,10 mm aufweist.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

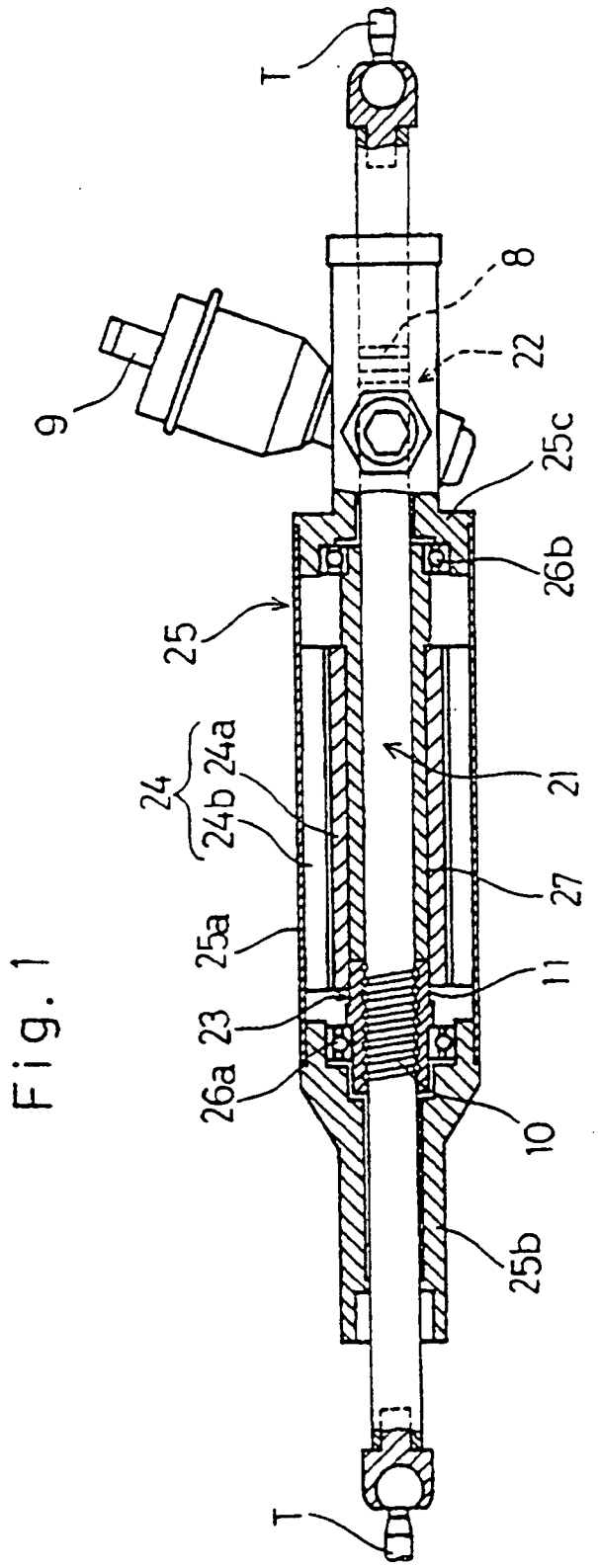


Fig. 1

Fig. 2

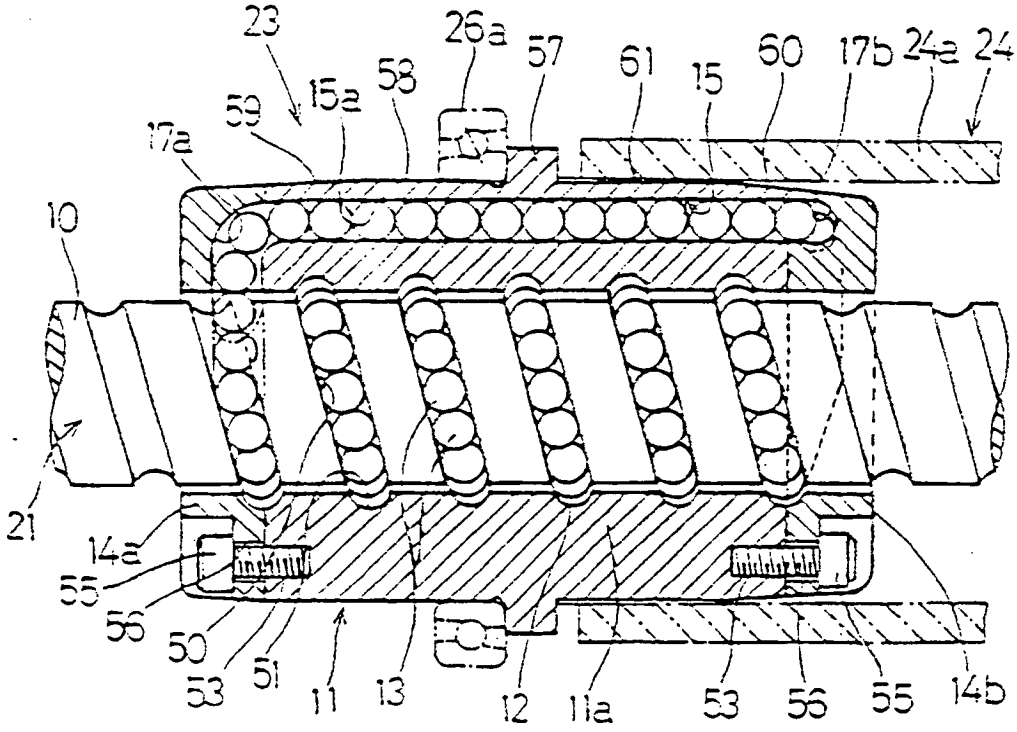

23
26a
57
61
15
60
17b
24a
24
59
15a
58
17a
10
21
14a
55
56
50
53
51
11
13
12
11a
53
56
55
14b

Fig. 3

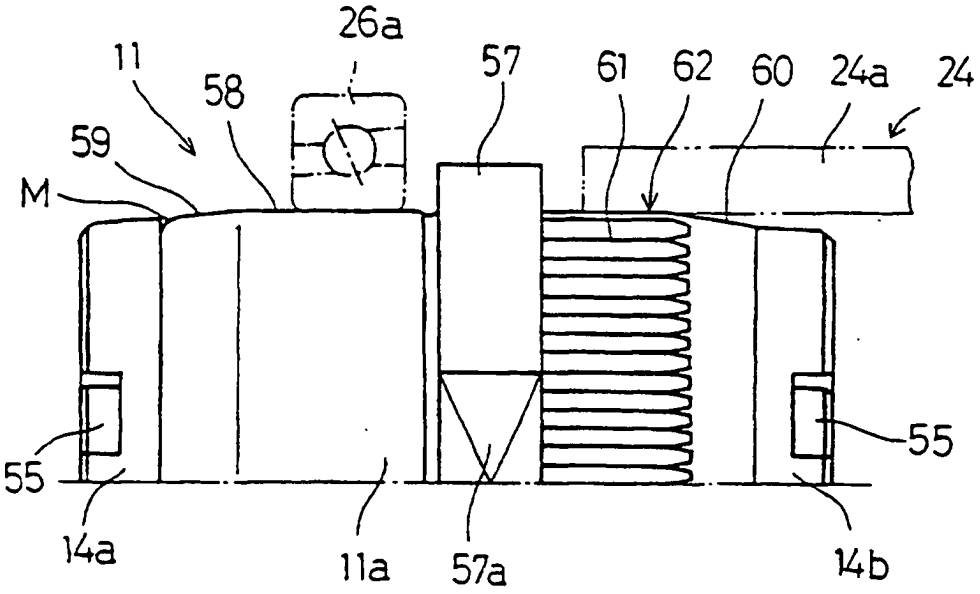

26a
11
58
57
61
62
60
24a
24
59
M
55
55
14a
11a
57a
14b

Fig. 4

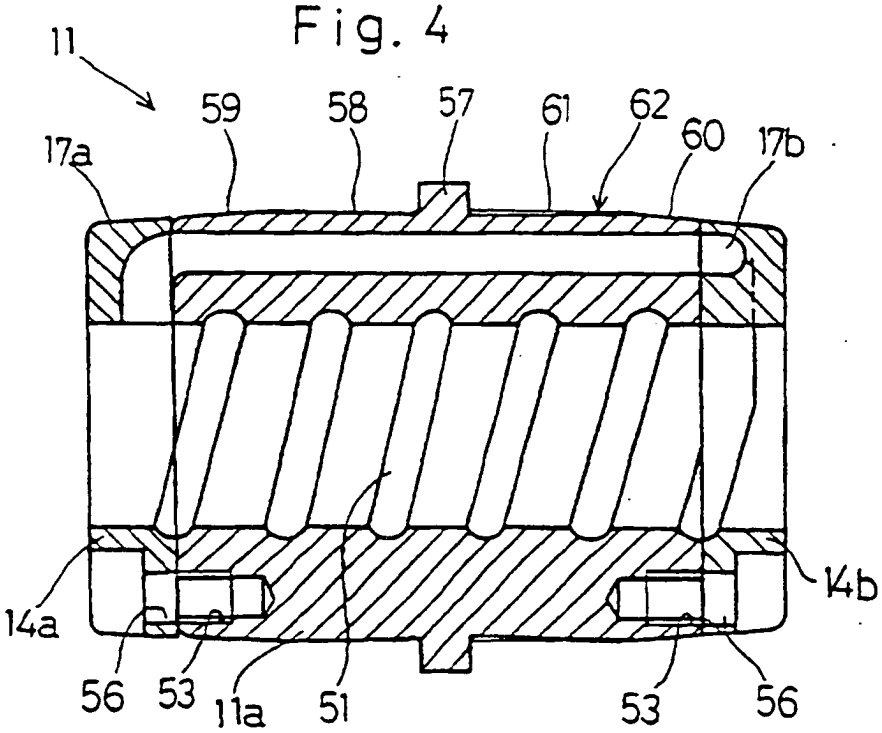

11
59
58
57
61
62
60
17b
17a
14b
14a
56
53
11a
51
53
56

Fig. 5

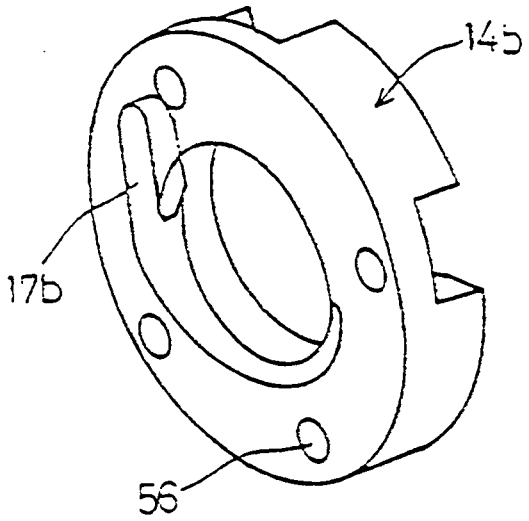


Fig. 6

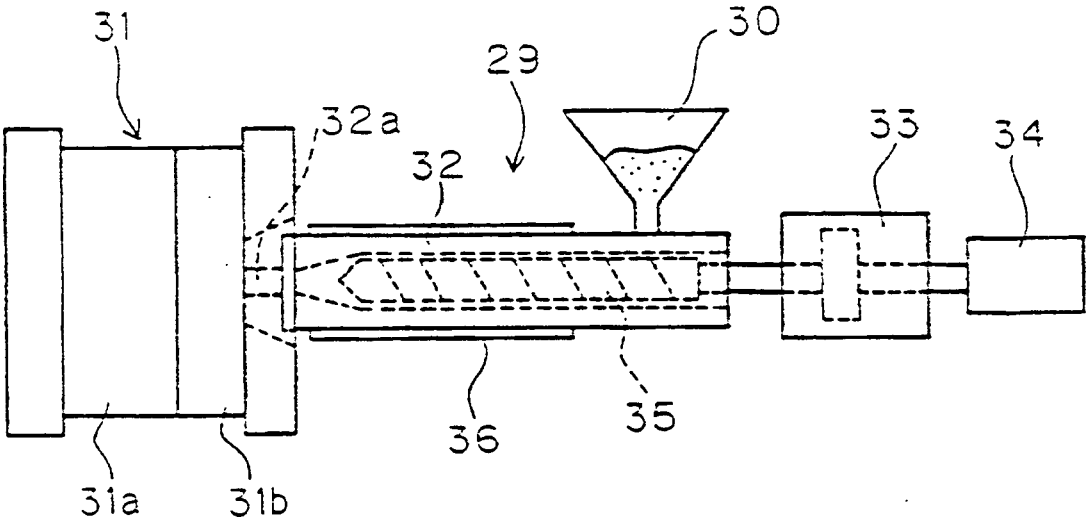


Fig. 7A

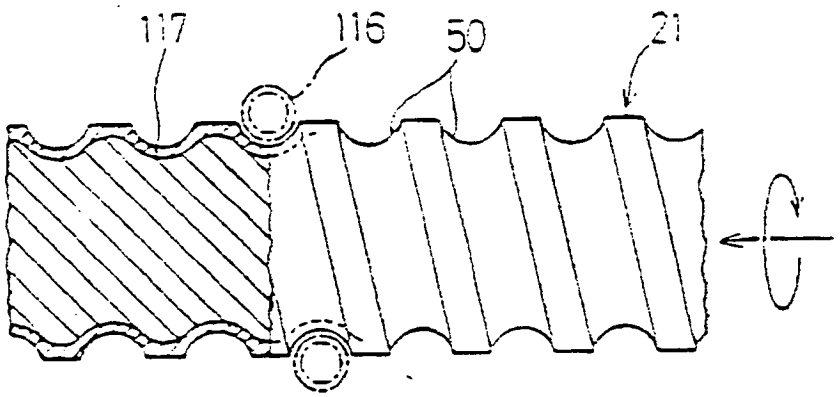


Fig. 7B

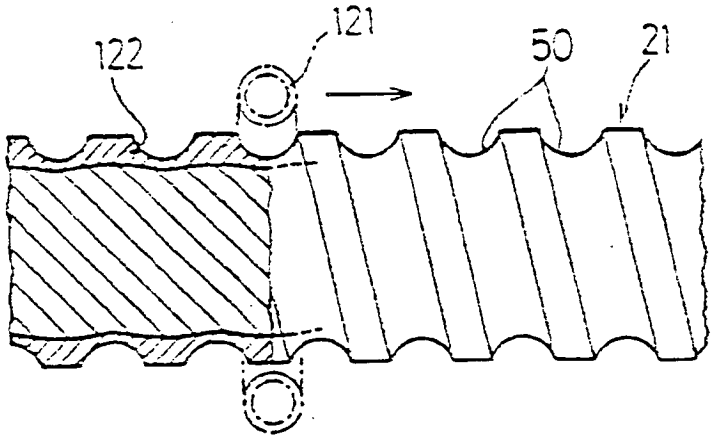


Fig. 8

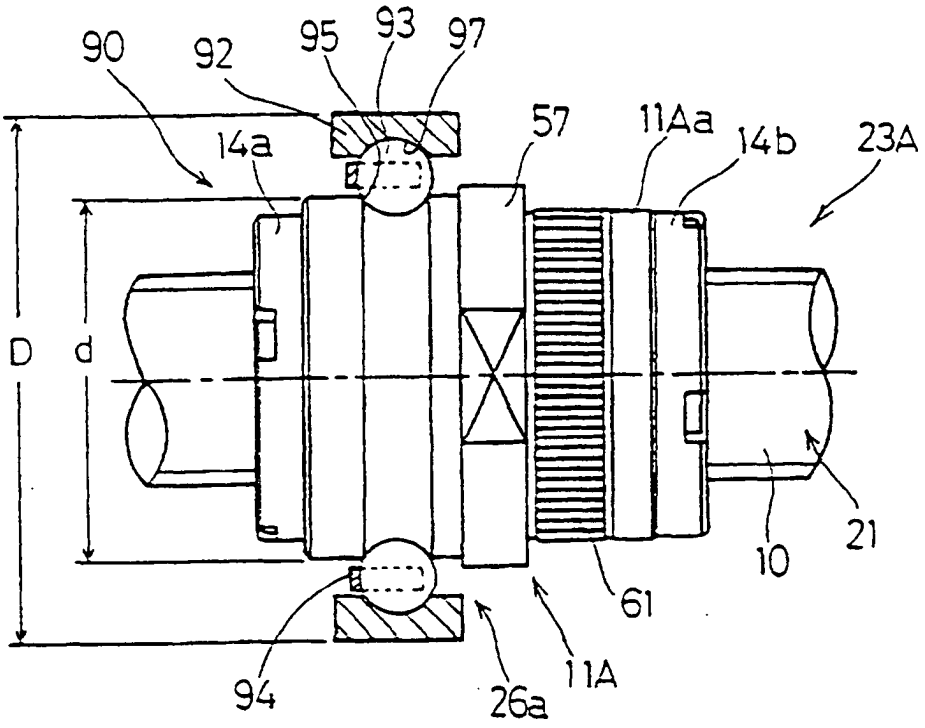


Fig. 9

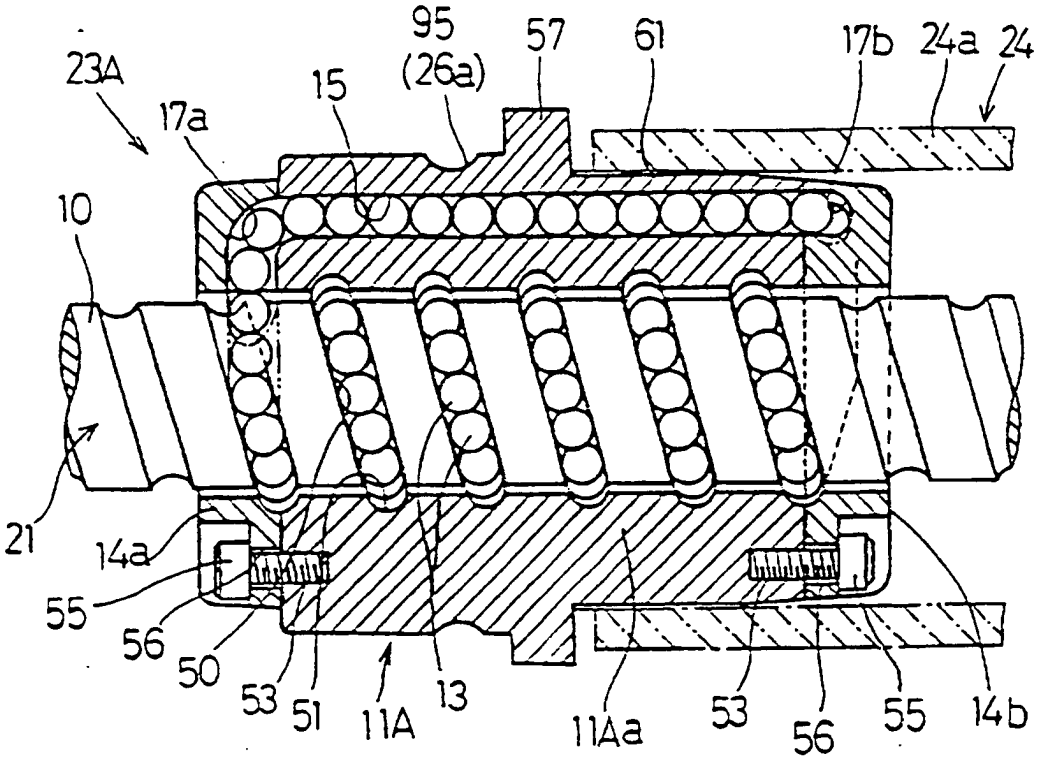

95
(26a)
57
61
17b
24a
24
23A
17a
15
10
21
14a
55
56
50
53
51
11A
13
11Aa
53
56
55
14b

Fig. 10

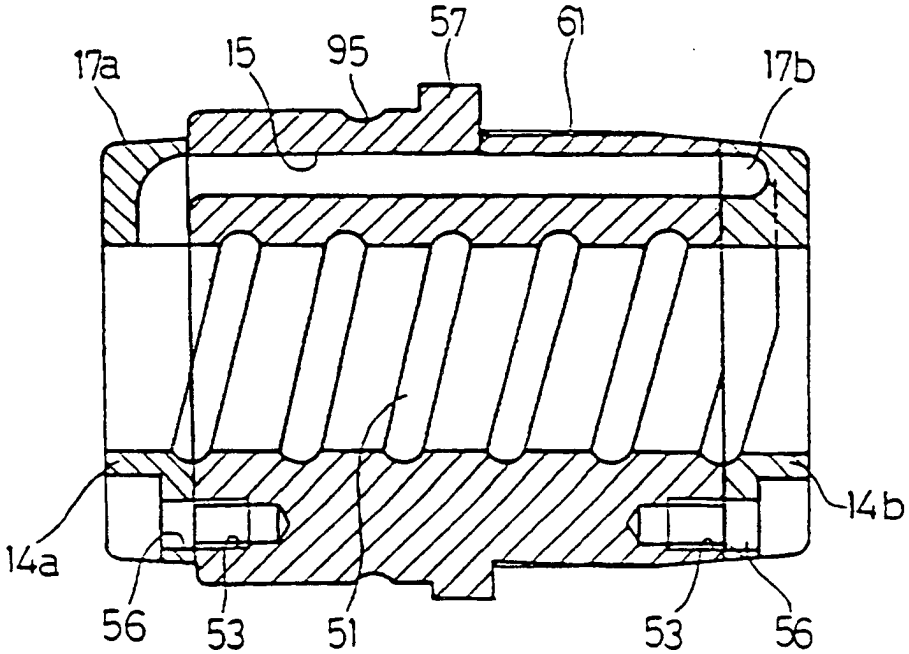

17a
15
95
57
61
17b
14a
14b
56
53
51
53
56

Fig. 11

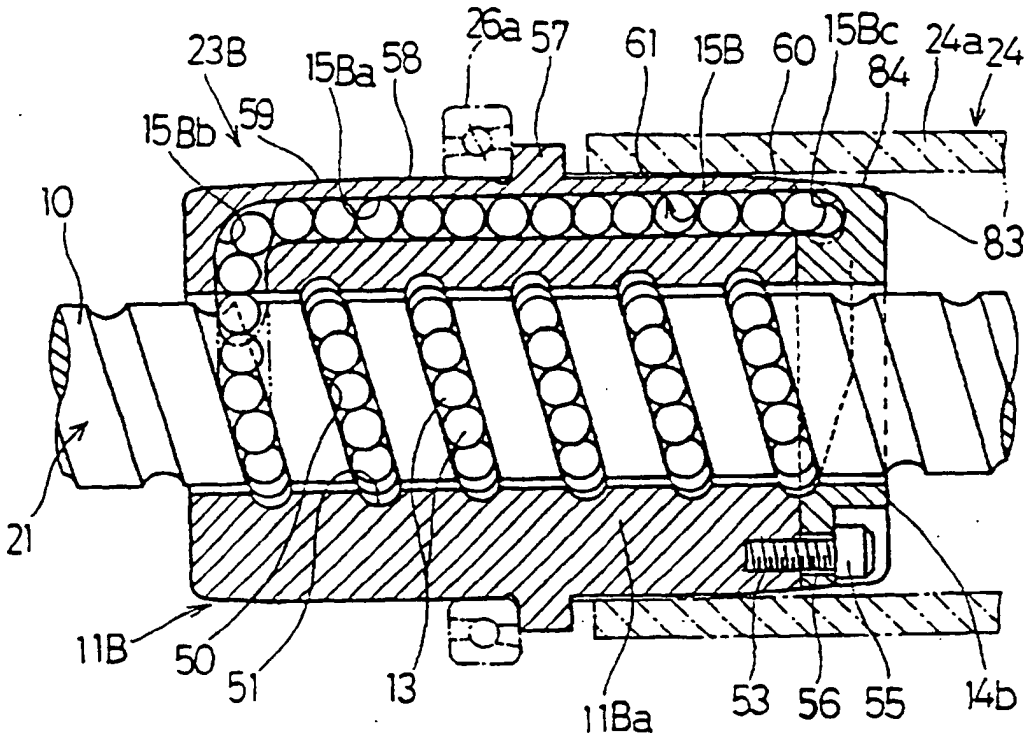

26a
57
61
15B
60
15Bc
24a
24
23B
15Ba
58
84
15Bb
59
10
83
21
11B
50
51
13
11Ba
53
56
55
14b

Fig.12

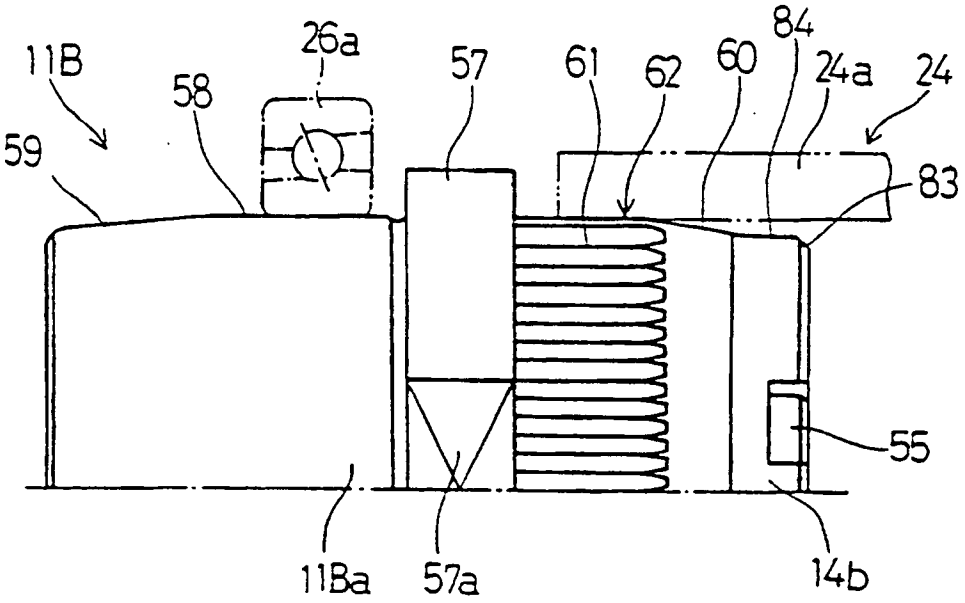

11B
26a
58
57
61
62
60
84
24a
24
59
83
55
11Ba
57a
14b

Fig.13

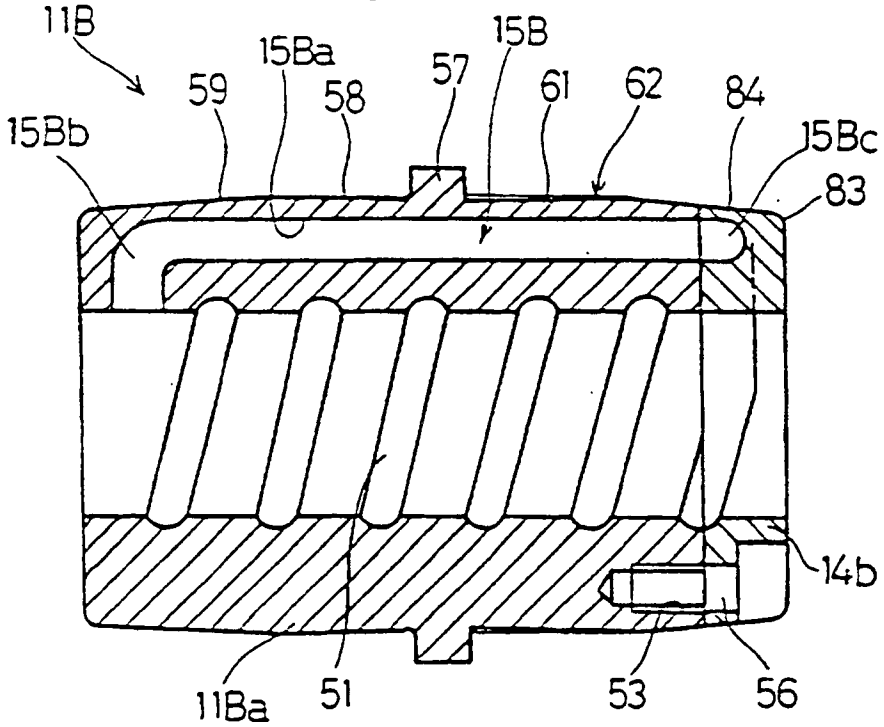

11B
15Ba
59
58
57
15B
61
62
84
15Bb
15Bc
83
14b
11Ba
51
53
56

Fig. 14A

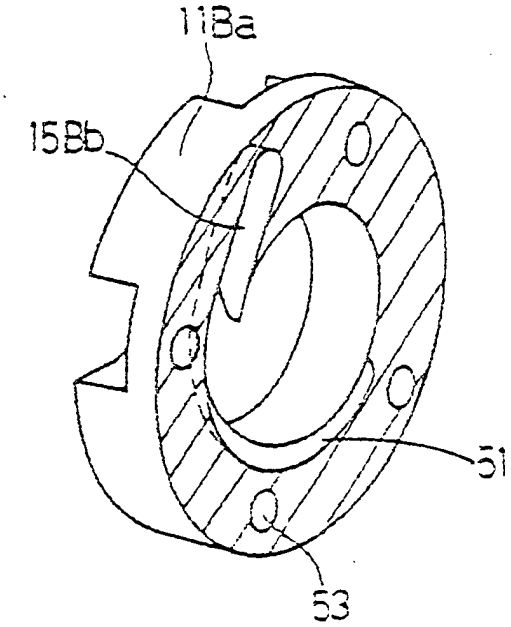


Fig. 14B

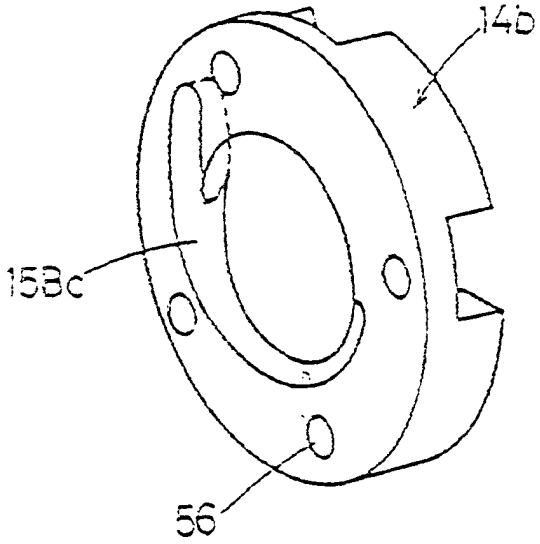


Fig. 15

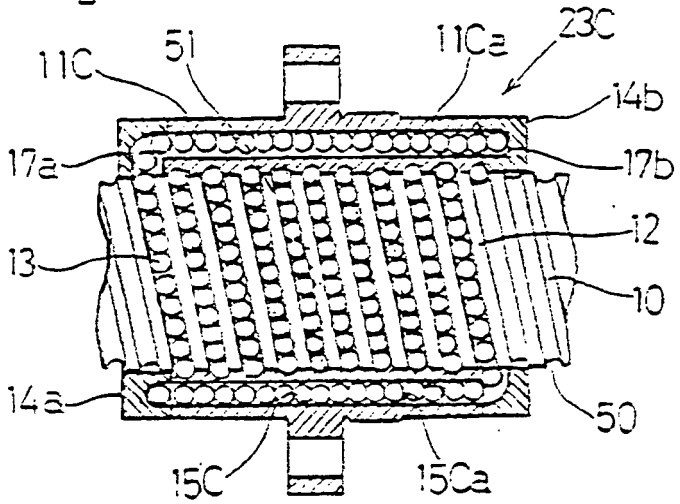


Fig. 16A

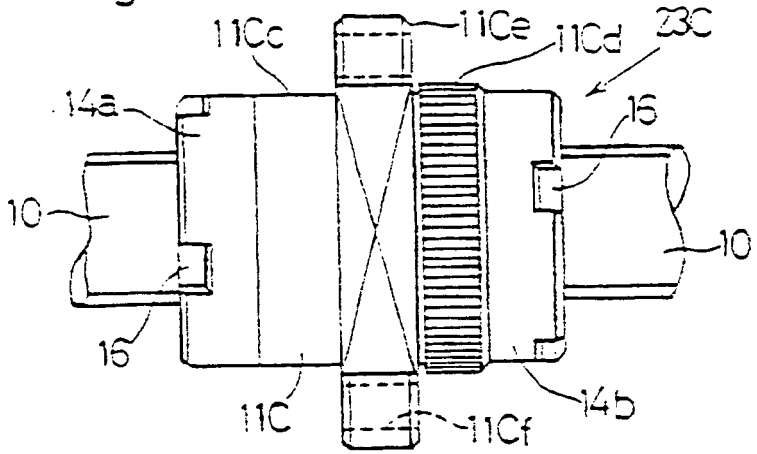


Fig. 16B

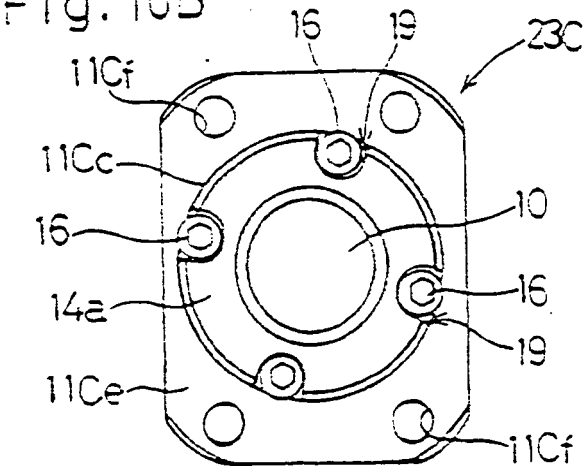


Fig.17A

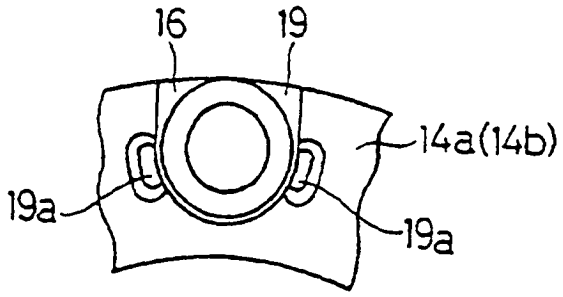


Fig.17B

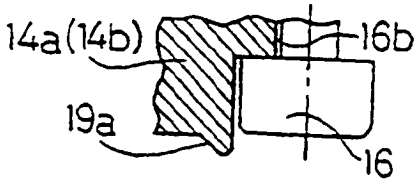


Fig.17C

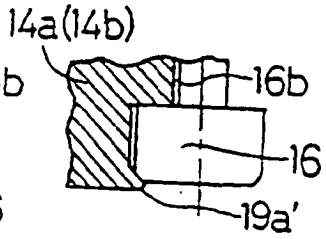


Fig. 18A

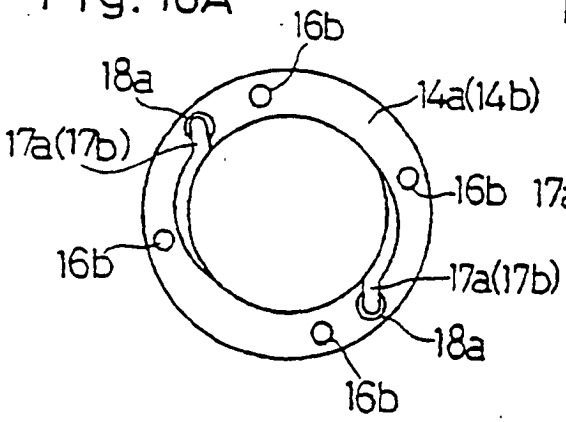


Fig.18B

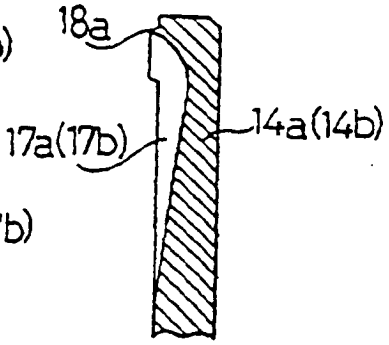


Fig.18C

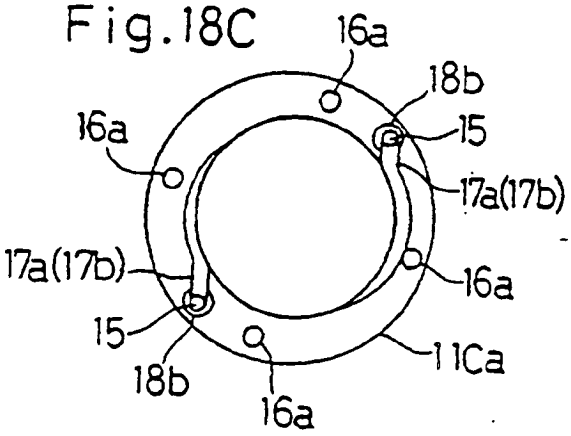


Fig.18D

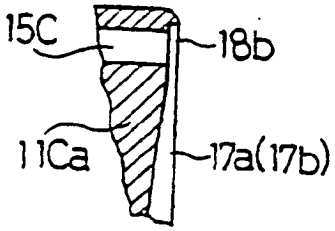


Fig. 19A

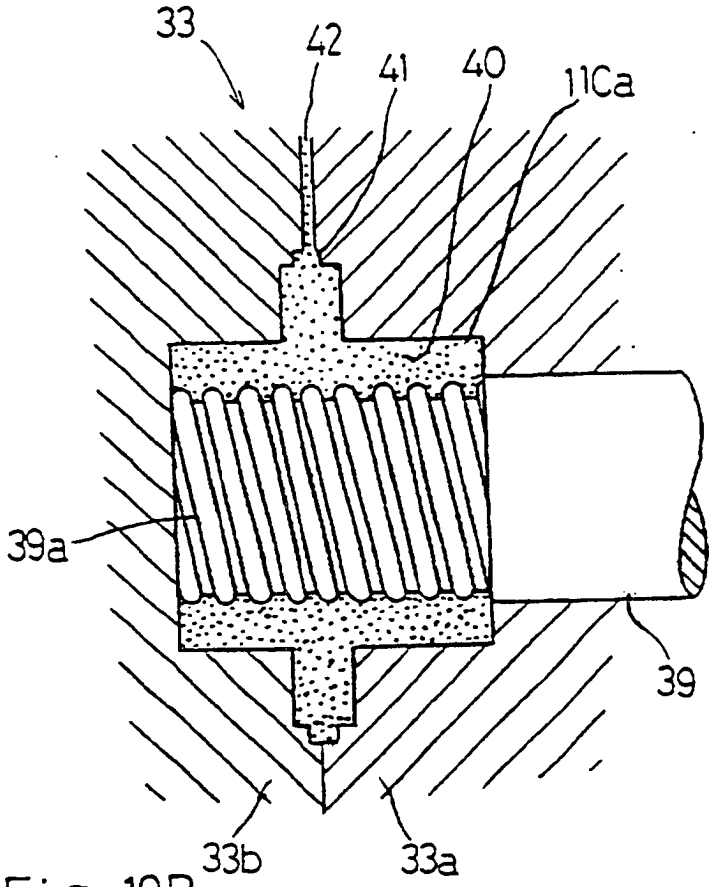


Fig. 19B

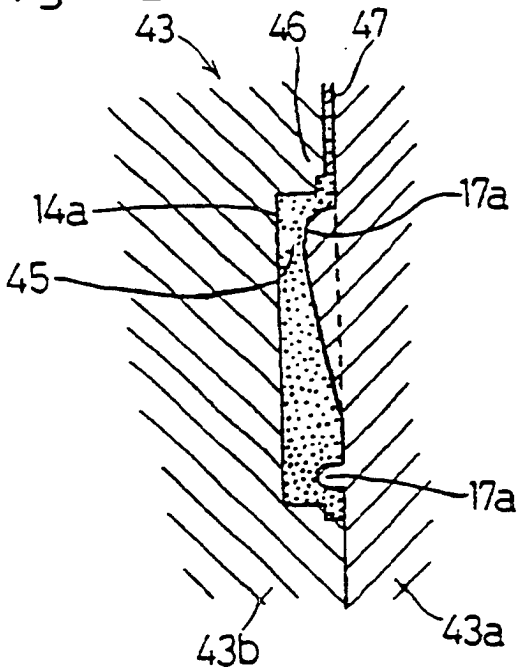


Fig. 20

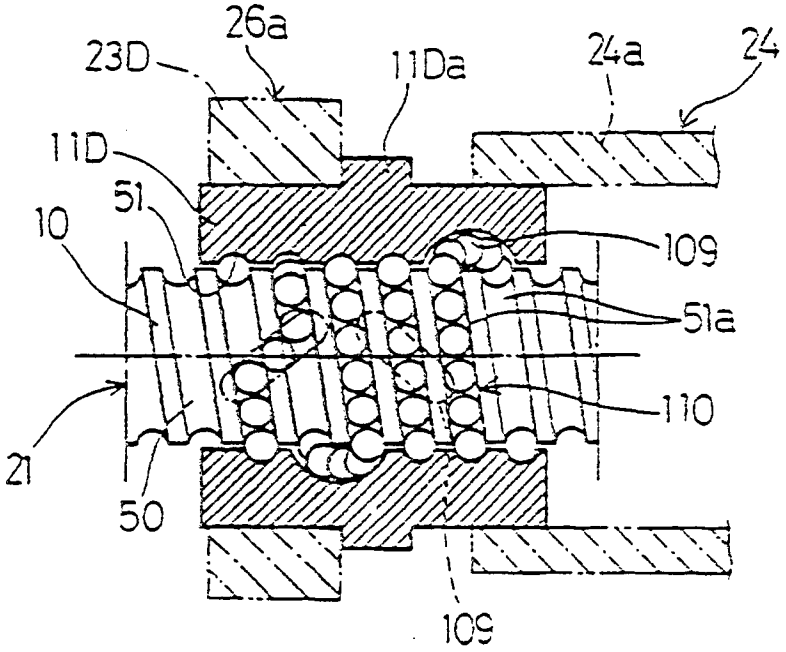

26a
23D
11Da
24a
24
11D
51
10
109
51a
110
21
50
109

Fig. 21

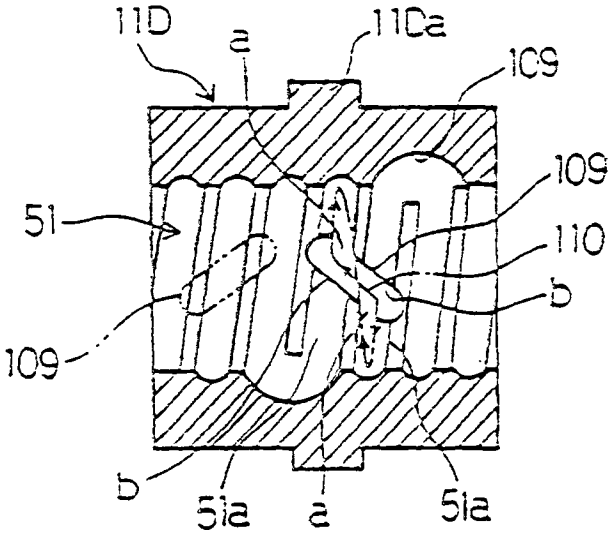

11D
a
11Da
109
109
51
110
b
109
b
51a
a
51a

Fig. 22

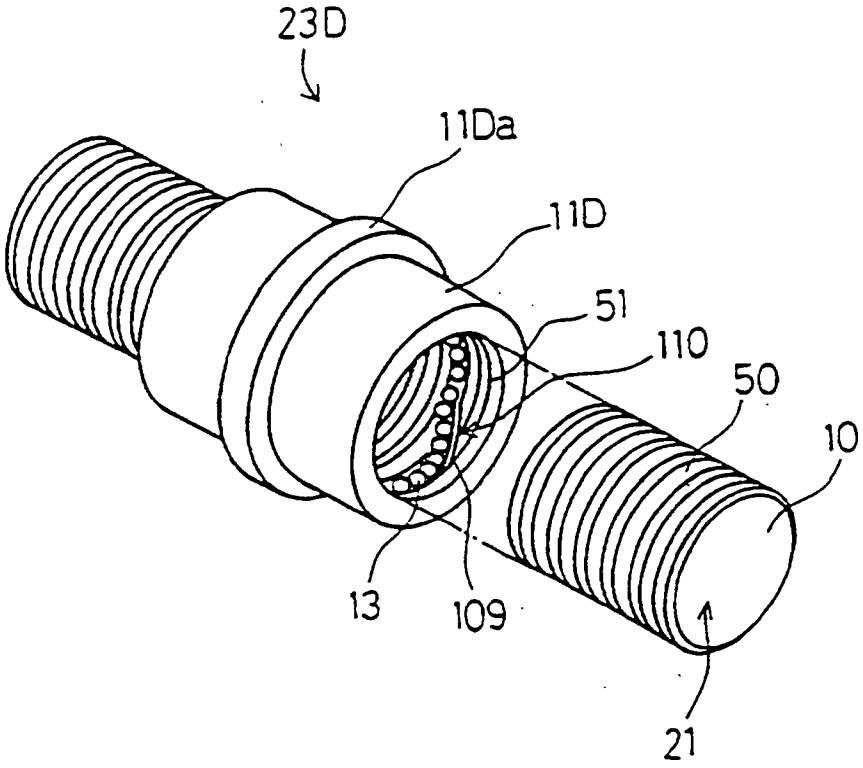


Fig. 23A

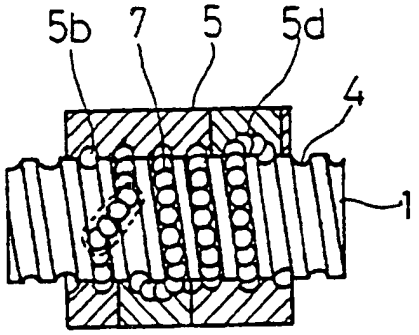


Fig. 23B

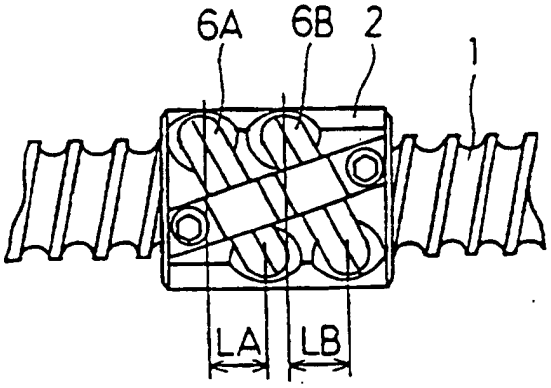


Fig. 23C

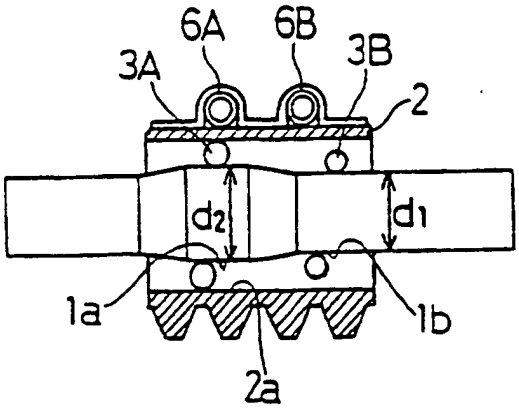


Fig.24

