



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 130 791.0**
(22) Anmeldetag: **14.11.2019**
(43) Offenlegungstag: **14.05.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.03.2024**

(51) Int Cl.: **F16D 3/223 (2011.01)**

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

(30) Unionspriorität:
2018-214223 **14.11.2018** **JP**

(73) Patentinhaber:
JTEKT Corporation, Kariya-shi, Aichi-ken, JP;
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-
shi, Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:
Winter, Brandl - Partnerschaft mbB,
Patentanwälte, 85354 Freising, DE

(72) Erfinder:
Shinoda, Yoshitaka, Toyota-shi, Aichi-ken, JP;
Matsumoto, Koji, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Ikeo,
Masahito, Osaka, JP; Hibi, Kimio, Osaka, JP;
Sakai, Yoshinari, Osaka, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	8 216 075	B2
JP	2004- 169 915	A

(54) Bezeichnung: **Homokinetisches Universalgelenk**

(57) Hauptanspruch: Homokinetisches Universalgelenk (10), mit:

einem becherförmigen äußeren Gelenkelement (12) mit einer Vielzahl an äußeren Laufnuten (20a, 20b), die in einer inneren Umfangsfläche des äußeren Gelenkelements (12) vorgesehen sind;

einem inneren Gelenkelement (14) mit einer Vielzahl an inneren Laufnuten (22a, 22b), die in einer äußeren Umfangsfläche des inneren Gelenkelements (14) vorgesehen sind, wobei das innere Gelenkelement (14) innerhalb des äußeren Gelenkelements (12) angeordnet ist;

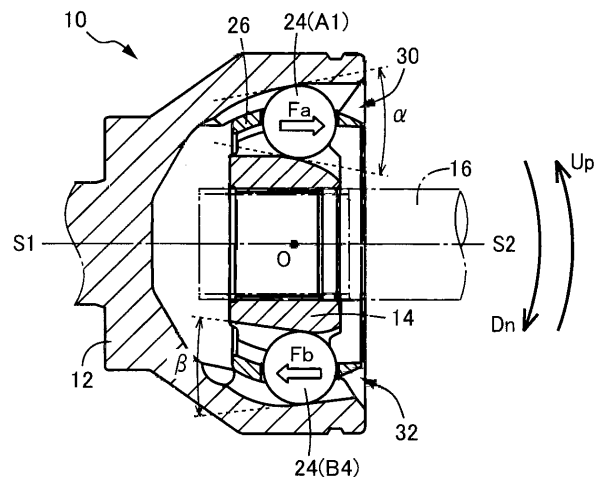
einer Vielzahl an Kugeln (24), die zwischen den äußeren Laufnuten (20a, 20b) und den inneren Laufnuten (22a, 22b) angeordnet sind, um so ein Drehmoment zwischen dem äußeren Gelenkelement (12) und dem inneren Gelenkelement (14) zu übertragen; und
einem ringförmigen Käfig (26), der zwischen dem äußeren Gelenkelement (12) und dem inneren Gelenkelement (14) angeordnet ist und eine Vielzahl an Taschen (28) hat, die die Kugeln (24) darin halten,

wobei die äußeren Laufnuten (20a, 20b) und die inneren Laufnuten (22a, 22b) zusammenwirken, um eine Vielzahl an Nutabschnitten (30, 32) zu definieren, so dass jede der Kugeln (24) in einem entsprechenden der Nutabschnitte (30, 32) angeordnet ist,

wobei jede der Kugeln (24), welche in einem entsprechenden der Nutabschnitte (30, 32) angeordnet ist, zwischen einer der äußeren Laufnuten (20a, 20b) und einer der inneren Laufnuten (22a, 22b) eingeklemmt ist, die zusammenwirken, um einen entsprechenden der Nutabschnitte (30,

32) zu definieren, und an äußeren Kontaktpunkten und inneren Kontaktpunkten mit jeweils der einen der äußeren Laufnuten (20a, 20b) und der einen der inneren Laufnuten (22a, 22b) in Kontakt steht,

wobei eine äußere Tangentenebene (21a, 21b), die jede der Kugeln (24) an dem äußeren Kontaktpunkt tangiert, und eine innere Tangentenebene (23a, 23b), die jede der Kugeln (24) an dem inneren Kontaktpunkt tangiert, miteinander zusammenwirken, um einen Klemmwinkel (α , β) an einem Schnittpunkt der äußeren ...



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf ein homokinetisches Universalgelenk, insbesondere auf eine Verbesserung eines homokinetischen Universalgelenks, in welchem zwei Arten von Nutabschnitten, das heißt erste und zweite Nutabschnitte, abwechselnd um eine Mittelachse angeordnet sind, wobei ein radialer Abstand zwischen einer äußeren Laufnut und einer inneren Laufnut, welche zum Einklemmen einer Kugel zusammenwirken, in einer der axial entgegengesetzten Richtungen im ersten Nutabschnitt erhöht und in der anderen der axial entgegengesetzten Richtungen im zweiten Nutabschnitt erhöht wird.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Es ist ein homokinetisches Universalgelenk bekannt mit (a) einem im Wesentlichen becherförmigen äußeren Gelenkelement mit einer Vielzahl an äußeren Laufnuten, die in einer inneren Umfangsfläche davon vorgesehen sind, (b) einem inneren Gelenkelement mit einer Vielzahl an inneren Laufnuten, die in einer äußeren Umfangsfläche davon vorgesehen sind, und innerhalb des äußeren Gelenkelements angeordnet ist; (c) einer Vielzahl an Kugeln, die zwischen den äußeren Laufnuten und den inneren Laufnuten angeordnet sind, um ein Drehmoment zwischen dem äußeren Gelenkelement und dem inneren Gelenkelement zu übertragen; und (e) einem im Wesentlichen ringförmigen Käfig, der zwischen dem äußeren Gelenkelement und dem inneren Gelenkelement angeordnet ist und eine Vielzahl an Taschen hat, die die Kugeln darin halten. Das bekannte homokinetische Universalgelenk wird häufig als zum Beispiel Antriebskraftübertragungsvorrichtung für die Vorderradachse eines Fahrzeugs und als Rotationsübertragungsvorrichtung für verschiedene andere Arten von Maschinen als einem Fahrzeug eingesetzt. Als eine Art eines homokinetischen Universalgelenks wird ein homokinetisches Universalgelenk vorgeschlagen, bei welchem die äußeren Laufnuten und die inneren Laufnuten zusammenwirken, um eine Vielzahl an Nutabschnitten zu definieren, so dass jede der Kugeln in einem entsprechenden der Nutabschnitte angeordnet ist und zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten und einer entsprechenden der inneren Laufnuten eingeklemmt ist, wobei jede der Kugeln an äußeren und inneren Kontaktpunkten mit einer entsprechenden der äußeren Laufnuten bzw. einer entsprechenden der inneren Laufnuten in Kontakt steht, wobei eine äußere Tangentialebene, die an dem äußeren Kontaktpunkt tangential ist, und eine innere Tangentialebene, die an dem inneren Kontaktpunkt tangential ist, miteinander zusammenwirken, um jeweils einen Klemmwinkel zu definieren. Die

Nutabschnitte haben zumindest einen ersten Nutabschnitt, in welchem ein radialer Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten und eine entsprechende der inneren Laufnuten in einer radialen Richtung des äußeren Gelenkelements im Wesentlichen in eine Richtung zu einem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements hin in einem Referenzzustand erhöht wird, in welchem Mittelachsen des äußeren Gelenkelements und des inneren Gelenkelements auf einer Geraden mit einem durch die Mittelachsen definierten Gelenkwinkel von 0 Grad liegen. Die Nutabschnitte haben neben dem zumindest einen ersten Nutabschnitt zumindest einen zweiten Nutabschnitt, in welchem ein radialer Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten und einer entsprechenden der inneren Laufnuten in radialer Richtung im Wesentlichen in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements in dem Referenzzustand reduziert wird. Ferner sind in dem Referenzzustand der zumindest eine erste Nutabschnitt und der zumindest eine zweite Nutabschnitt abwechselnd um die Mittelachsen angeordnet, und jeweils der zumindest eine erste Nutabschnitt und ein entsprechender des zumindest einen zweiten Nutabschnitts in jeweiligen Position angeordnet sind, die symmetrisch in Bezug auf die Mittelachsen sind (siehe JP 2004-169915 A). Es ist zu beachten, dass das äußere Gelenkelement und das innere Gelenkelement als „Außenring“ bzw. „Innenring“ bezeichnet werden.

[0003] US 8 216 075 B2 offenbart eine Gelenkanordnung mit einem Gelenkaußenteil, einem Gelenkinnenteil, mehreren Drehmoment übertragenden Kugeln sowie einem Käfig, wobei bei einem Gegenbahngelenk ist, dass verschiedenartig gestaltete Bahnpaare mit dem Gelenkaußenteil und dem Gelenkinnenteil gebildet sind, die Öffnungswinkel zu entgegengesetzten Seiten des Gleichlaufgelenkes bilden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] In dem vorstehend beschriebenen homokinetischen Universalgelenk erhält jede Kugel eine Druckkraft abhängig von dem Klemmwinkel, durch welchen die Kugel durch die äußeren und inneren Laufnuten eingeklemmt ist. Wenn also der Gelenkwinkel geändert werden soll (das heißt, wenn das Gelenk abgewinkelt werden soll und von der Abwinklung zurückgeführt werden soll), wird der Käfig aufgrund der auf zumindest eine der Kugeln ausgeübten Druckkraft leicht geschwenkt, und die andere Kugel oder Kugeln (auf welche die Druckkraft nicht aufgebracht wird) werden vom Käfig bewegt, so dass sich der Gelenkwinkel leichtgängig ändert. In Abhängigkeit von Gelenkwinkel und einer Phase des homokinetischen Universalgelenks um die Mittelachsen bei einer Änderung des Gelenkwinkels, kann jedoch die auf die Kugeln aufgebrachte Druckkraft nicht ausrei-

chend erreicht werden, so dass eine Möglichkeit besteht, Geräusche oder dergleichen zu erzeugen, die zum Beispiel durch den Widerstand gegen die Schwenkbewegung des Käfigs und die Verzögerung der Schwenkbewegung des Käfigs verursacht werden.

[0005] Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht durch ein herkömmliches homokinetisches Universalgelenk 90, das ein äußeres Gelenkelement 12, ein inneres Gelenkelement 14, einen Käfig 26 und sechs Kugeln 24 hat. Ein erster Nutabschnitt 30 befindet sich rechts über den Mittelachsen S1, S2, während sich ein zweiter Nutabschnitt 32 rechts unter den Mittelachsen S1, S2 befindet. In dem ersten Nutabschnitt 30 ist der Klemmwinkel α nach rechts offen (in Richtung hin zu einem Öffnungswinkel des äußeren Gelenkelements 12), das heißt, ein radialer Abstand zwischen einer äußeren Laufnut 20a und einer inneren Laufnut 22a wird in radialer Richtung des äußeren Gelenkelements 12 im Wesentlichen nach rechts in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements 12 vergrößert. In dem zweiten Nutabschnitt 32 ist der Klemmwinkel β nach links offen (in Richtung hin zu einer Bodenwand des äußeren Gelenkelements 12), das heißt, ein radialer Abstand zwischen einer äußeren Laufnut 20b und einer inneren Laufnut 22b wird in der radialen Richtung im Wesentlichen nach links zu der Bodenwand des äußeren Gelenks hin vergrößert. Die Mittelachse S1 ist eine Achse des äußeren Gelenkelements 12, während die Mittelachse S2 eine Achse des inneren Gelenkelements 14 ist. Die ersten und zweiten Nutabschnitte 30, 32 sind abwechselnd um die Mittelachsen S1, S2 angeordnet und im gleichen Winkel voneinander beabstandet. Zur Unterscheidung der sechs Kugeln 24 voneinander werden die in den jeweiligen drei ersten Nutabschnitten 30 angeordneten Kugeln 24 als Kugeln A1, A3, A5 und die in den jeweiligen drei zweiten Nutabschnitten 32 angeordneten Kugeln 24 als Kugeln B2, B4, B6 bezeichnet, wie in Fig. 8 dargestellt. In dieser Anordnung erhält die Kugel A1, wie in Fig. 15 gezeigt, eine Druckkraft F_a , die rechts wirkt, während die Kugel B4 eine Druckkraft F_b erhält, die nach links wirkt. Wenn daher eine Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 relativ zu dem äußeren Gelenkelement 12 nach unten geschwenkt werden soll, wie durch den Pfeil D_n in einer Ebene angezeigt (die dem Zeichnungsblatt von Fig. 15 entspricht), die die Mittelpunkte der jeweiligen Kugeln A1 und B4 enthält, das heißt, um eine zur Ebene senkrechte Schwenkachse, wird der Käfig 26 durch Bewegungen der Kugeln A1, B4 aufgrund der auf die jeweiligen Kugeln A1, B4 einwirkenden Druckkräfte F_a , F_b leichtgängig geschwenkt. Wenn jedoch die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 relativ zu dem äußeren Gelenkelement 12 nach oben geschwenkt werden soll, wie durch den Pfeil U_p angezeigt, wirkt die auf die Kugel A1 ausgeübte Druckkraft F_a in eine Richtung entgegengesetzt

zu einer Richtung, in welcher die Kugel A1 bewegt werden soll, und die auf die Kugel B4 ausgeübte Druckkraft F_b wirkt in eine Richtung entgegengesetzt zu einer Richtung, in welcher die Kugel B4 bewegt werden soll, so dass der Käfig 26 nicht nur durch die Kugeln A1, B4 geschwenkt werden kann. Die Kugeln A1, B4 können zum Beispiel durch Kräfte bewegt werden, die auf Reibungen basieren, allerdings reichen die Kräfte, die auf Reibungen basieren nicht aus. Die sechs Kugeln A1, A3, A5, B2, B4, B6 (die einfach als „Kugeln A, B“ bezeichnet werden, wobei die sechs Kugeln nicht besonders voneinander unterschieden werden) sind um die Mittelachsen S1, S2 angeordnet, und die Klemmwinkel α , β der Kugeln A, B werden in Abhängigkeit von dem Gelenkwinkel Φ verändert, wie in Fig. 16 gezeigt. Da sich die Druckkräfte F_a , F_b mit Änderungen der Klemmwinkel α , β der Kugeln A, B ändern, ist es notwendig, eine Größe und eine Richtung jeder der Druckkräfte F_a , F_b zu studieren, welche auf einem entsprechenden der Klemmwinkel α , β einer entsprechenden aller sechs Kugeln A1, A3, A5, B2, B4, B6 basiert.

[0006] Fig. 16 zeigt Änderungen der Klemmwinkel α , β in Abhängigkeit von dem Gelenkwinkel Φ , wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 relativ zu dem äußeren Gelenkelement 12 nach oben und nach unten in der Ebene geschwenkt wird, die die Mittelpunkte der jeweiligen Kugeln A1, B4 in einer Anordnung enthält, in welcher der Klemmwinkel α auf 14 Grad und der Klemmwinkel β auf -14 Grad im Referenzzustand (das heißt, dem Zustand gemäß Fig. 15) eingestellt ist, wobei der Gelenkwinkel Φ 0 Grad beträgt. Wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 nach oben geschwenkt wird (in Richtung des ersten Nutabschnitts 30), nimmt der Gelenkwinkel Φ einen positiven Wert an, zum Beispiel $\Phi=46$ Grad in einem Fall, der in der rechten Ansicht von Fig. 8 gezeigt ist. Wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 nach unten geschwenkt wird (in Richtung des zweiten Nutabschnitts 32), nimmt der Gelenkwinkel Φ einen negativen Wert an, zum Beispiel $\Phi=-46$ Grad in einem Fall, der in der linken Ansicht von Fig. 8 gezeigt ist. Ferner nimmt der Klemmwinkel in Bezug auf das Vorzeichen der Klemmwinkel α , β einen positiven Wert an, wenn er sich zu dem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements 12 hin öffnet (nach rechts, wie in Fig. 15 zu sehen), und einen negativen Wert, wenn er sich zu der Bodenwand des äußeren Gelenkelements 12 hin öffnet (nach links, wie in Fig. 15 zu sehen). In dieser Anordnung, wenn der Gelenkwinkel Φ in der Nähe von 20 Grad ist, ist der Klemmwinkel α der Kugel A1, welche eine der drei Kugeln A1, B2, B6 ist, die sich auf einer oberen Seite der Mittelachse S1 befindet, positiv, während die Klemmwinkel β der Kugeln B2, B6, welche die anderen der drei Kugeln A1, B2, B6 sind, die sich auf der oberen Seite der Mittelachse S1 befinden, negativ sind. Ferner sind die Klemm-

winkel α , β der Kugeln A3, A5, B4, welche sich auf einer unteren Seite der Mittelachse S1 befinden, alle positiv. Wenn daher das homokinetische Universalgelenk 90 nach dem nach oben Schwenken der Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 auf den Gelenkwinkel Φ von 20 Grad wieder in den Referenzzustand zurückgebracht werden soll, empfängt nur die Kugel A1 die in Rücklaufrichtung wirkende Druckkraft F_a und der Klemmwinkel α der Kugel A1 ist so klein, dass die auf die Kugel A1 ausgeübte Druckkraft F_a nicht groß genug ist, so dass die Möglichkeit besteht, Geräusche oder dergleichen zu erzeugen, die zum Beispiel durch den Widerstand gegen die Schwenkbewegung des Käfigs 26 und die Verzögerung der Schwenkbewegung des Käfigs 26 verursacht werden. Es ist zu beachten, dass ein Wert oder Bereich des Gelenkwinkels Φ , welcher problematisch sein soll, in Abhängigkeit von Charakteristiken von Änderungen der Klemmwinkel α , β in Bezug auf den Gelenkwinkel Φ variiert, das heißt, abhängig von zum Beispiel Bodenformen der Laufnuten 20a, 20b, 22a, 22b. Eine solche Abwinklung und ein solches Zurücksetzen aus der Abwinklung bei einer bestimmten Phase wird zum Beispiel bei einer werkseitig durchgeführten Prüfung oder dergleichen durchgeführt und könnte auch bei einem tatsächlichen Antrieb eines Fahrzeugs durchgeführt werden, zum Beispiel, wenn beim Anhalten des Fahrzeugs die Richtung der lenkbaren Räder geändert wird, wobei das homokinetische Universalgelenk in einer Vorderachse des Fahrzeugs vorgesehen ist.

[0007] Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick auf den vorstehend beschriebenen Hintergrund des Standes der Technik gemacht. Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein homokinetisches Universalgelenk vorzusehen, in welchem zwei Arten von Nutabschnitten, das heißt erste und zweite Nutabschnitte, abwechselnd um eine Mittelachse angeordnet sind, wobei ein Klemmwinkel, durch welchen eine Kugel in den ersten Nutabschnitt eingeklemmt wird, in eine der entgegengesetzten Richtungen offen ist, während der Klemmwinkel in dem zweiten Nutabschnitt in die andere der entgegengesetzten Richtungen offen ist, und wobei ein Käfig aufgrund von Druckkräften, welche auf die Kugeln ausgeübt werden und welche von den Klemmwinkeln abhängig sind, weiter leichtgängig geschwenkt werden kann.

[0008] Die vorstehend genannte Aufgabe wird gemäß den folgenden Aspekten der vorliegenden Erfindung erreicht.

[0009] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist ein homokinetisches Universalgelenk vorgesehen mit: (a) einem becherförmigen äußeren Gelenkelement mit einer Vielzahl an äußeren Laufnuten, die in einer inneren Umfangsfläche des äußeren Gelenkelements vorgesehen sind; (b) einem inneren

Gelenkelement mit einer Vielzahl an inneren Laufnuten, die in einer äußeren Umfangsfläche inneren Gelenkelements vorgesehen sind, wobei das innere Gelenkelement innerhalb des äußeren Gelenkelements angeordnet ist; (c) einer Vielzahl an Kugeln, die zwischen den äußeren Laufnuten und den inneren Laufnuten angeordnet sind, um so ein Drehmoment zwischen dem äußeren Gelenkelement und dem inneren Gelenkelement zu übertragen; und (d) einem ringförmigen Käfig, der zwischen dem äußeren Gelenkelement und dem inneren Gelenkelement angeordnet ist, und eine Vielzahl an Taschen hat, die die Kugeln darin halten, wobei die äußeren Laufnuten und die inneren Laufnuten zusammenwirken, um eine Vielzahl an Nutabschnitten zu definieren, so dass jede der Kugeln in einem entsprechenden der Nutabschnitte angeordnet ist, wobei jede der Kugeln, welche in einem entsprechenden der Nutabschnitte angeordnet ist, zwischen einer der äußeren Laufnuten und einer der inneren Laufnuten eingeklemmt ist, die zusammenwirken, um den entsprechenden der Nutabschnitte zu definieren, und an äußeren und inneren Kontaktpunkten mit jeweils der einen der äußeren Laufnuten und der einen der inneren Laufnuten in Kontakt steht, wobei eine äußere Tangentenebene, die zu jeder der Kugeln an dem äußeren Kontaktpunkt tangential ist und eine innere Tangentenebene, die zu jeder der Kugeln an dem inneren Kontaktpunkt tangential ist, miteinander zusammenwirken, um einen Klemmwinkel an einem Schnittpunkt der äußeren Tangentenebene und der inneren Tangentenebene zu definieren, wobei die Nutabschnitte zumindest einen ersten Nutabschnitt haben, in welchem ein radialer Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten und einer entsprechenden der inneren Laufnuten in einer radialen Richtung des äußeren Gelenkelements in eine Richtung hin zu einem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements in einem Referenzzustand erhöht wird, in welchem Mittelachsen des äußeren Gelenkelements und des inneren Gelenkelements in einer Geraden mit einem durch die Mittelachsen definierten Gelenkwinkel von 0 Grad liegen, wobei die Nutabschnitte zumindest einen zweiten Nutabschnitt haben, in welchem ein radialer Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten und einer entsprechenden der inneren Laufnuten in der radialen Richtung in die Richtung hin zu dem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements in dem Referenzzustand reduziert wird, wobei in dem Referenzzustand der zumindest eine erste Nutabschnitt und der zumindest eine zweite Nutabschnitt abwechselnd um die Mittelachsen angeordnet sind, und jeder des zumindest einen ersten Nutabschnitts und ein entsprechender des zumindest einen zweiten Nutabschnitts in jeweiligen Positionen angeordnet sind, die symmetrisch in Bezug auf die Mittelachsen sind, und wobei in dem Referenzzustand ein Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen ersten Nutabschnitt größer

ist als ein Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt, und wobei die äußeren und inneren Laufnuten jeweilige Böden haben, die den Klemmwinkels in jedem des zumindest einen ersten Nutabschnitts definieren, derart geformt sind, dass, wenn das homokinetische Universalgelenk innerhalb einer Ebene, die einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts enthält, abgewinkelt wird, der Klemmwinkel in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts unabhängig von dem Gelenkwinkel beibehalten wird, wobei der radiale Abstand in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements erhöht wird und der Absolutwert des Klemmwinkels in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts größer ist als der Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt in dem Referenzzustand. Der vorstehend beschriebene Klemmwinkel kann als ein Winkel definiert sein, der durch zwei Geraden definiert ist, wobei die zwei Geraden auf der jeweils vorstehend beschriebenen äußeren und inneren Tangentenebene liegen, und wobei die beiden Geraden senkrecht zu einer Schnittlinie der vorstehend beschriebenen äußeren und inneren Tangentenebenen stehen und durch den gleichen Punkt verlaufen, der auf der Schnittlinie liegt. Ferner kann der vorstehend beschriebene Klemmwinkel auch als ein Schnittwinkel von äußeren und inneren Tangentenlinien in einem Querschnitt definiert werden, der die Mittelachsen der äußeren und inneren Gelenkelemente in dem Referenzzustand enthält, wobei die äußere Tangente an jeder der Kugeln am äußeren Kontaktpunkt tangential ist, während die innere Tangente an jeder der Kugeln an einem inneren Kontaktpunkt tangential ist. Liegt der äußere Kontaktpunkt in einem Abschnitt der äußeren Laufnut, welcher durch eine Gerade im Querschnitt definiert ist, und der innere Kontaktpunkt in einem Abschnitt der inneren Laufnut, welcher durch eine Gerade im Querschnitt definiert ist, ist der Klemmwinkel ein Schnittwinkel dieser beiden Geraden.

[0010] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist in dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung in dem Referenzzustand der Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen ersten Nutabschnitt um einen Bereich von 2 Grad bis 10 Grad größer als der Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt.

[0011] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung hat in dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt der Erfindung, jede der äußeren Laufnuten des zumindest einen zweiten Nutabschnitts einen Boden der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des äußeren Gelenkelements enthält, und wobei

jede der inneren Laufnuten des zumindest einen zweiten Nutabschnitts einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des inneren Gelenkelements enthält.

[0012] Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung hat in dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt der Erfindung jede der äußeren Laufnuten des zumindest einen ersten Nutabschnitts und des zumindest einen zweiten Nutabschnitts einen Boden, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des äußeren Gelenkelements hat, wobei der äußere Kontaktpunkt in dem geraden Abschnitt des Bodens von jeder der äußeren Laufnuten liegt, zumindest wenn der Gelenkwinkel nicht größer als 5 Grad ist, wobei jede der inneren Laufnuten des zumindest einen ersten Nutabschnitts und des zumindest einen zweiten Nutabschnitts einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des inneren Gelenkelements hat, und wobei der innere Kontaktpunkt in dem geraden Abschnitt des Bodens von jeder der inneren Laufnuten liegt, zumindest wenn der Gelenkwinkel nicht größer als 5 Grad ist.

[0013] Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung beträgt in dem homokinetischen Universalgelenk gemäß einem der ersten bis vierten Aspekte der Erfindung eine Gesamtzahl der Nutabschnitte sechs oder zehn.

[0014] In dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen ersten Nutabschnitts in dem Referenzzustand größer als der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen zweiten Nutabschnitts, so dass die Druckkraft, die durch den Klemmwinkel auf die Kugeln aufgebracht ist, in dem zumindest einen ersten Nutabschnitt vergrößert wird. Selbst in einem Bereich des Gelenkwinkels, in welchem eine ausreichend große Druckkraft durch den Klemmwinkel in dem ersten Nutabschnitt in einem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk nicht erreicht werden kann, wird daher die auf die Kugel im ersten Nutabschnitt aufgebrachte Druckkraft ausreichend vergrößert, wodurch der Käfig durch Bewegungen der Kugel mittels der auf die Kugel aufgebrachten Druckkraft leichtgängig geschwenkt werden kann.

[0015] In dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ist der Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen ersten Nutabschnitt um einen Bereich von 2 Grad bis 10 Grad größer als der Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen zweiten Nut-

abschnitt in dem Referenzzustand. Daher wird die auf die Kugel in einem ersten Nutabschnitt aufgebrachte Druckkraft zuverlässig vergrößert, wodurch der Käfig durch Bewegen der Kugel mittels der auf die Kugel aufgebrachten Druckkraft angemessen geschwenkt werden kann.

[0016] Wenn in dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung das homokinetische Universalgelenk innerhalb der Ebene abgewinkelt ist, die einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts enthält, der Klemmwinkel in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts unabhängig von dem Gelenkwinkel beibehalten, so dass der Wert des Klemmwinkels in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts positiv ist, das heißt, der radiale Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten und einer entsprechenden der inneren Laufnuten in der radialen Richtung im Wesentlichen in die Richtung hin zu dem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements vergrößert wird, und zwar so, dass der Absolutwert des Klemmwinkels in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts größer ist als der Absolutwert des Klemmwinkels in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt in dem Referenzzustand. Somit wird unabhängig von dem Gelenkwinkel, das heißt über einen gesamten Bereich des Gelenkwinkels, die auf die Kugel aufgebrachte Druckkraft durch den Klemmwinkel in dem vorstehend beschriebenen einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts relativ groß gehalten. Dadurch kann der Käfig durch Bewegen der Kugel mittels der Druckkraft in Abhängigkeit von einer Abwinklungsrichtung leichtgängig geschwenkt werden.

[0017] In dem homokinetischen Universalgelenk gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung hat jede der äußeren Laufnuten des zumindest einen ersten Nutabschnitts und des zumindest einen zweiten Nutabschnitts einen Boden, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in dem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des äußeren Gelenkelements enthält, wobei der äußere Kontaktpunkt in dem geraden Abschnitt des Bodens von jeder der äußeren Laufnuten zumindest in einem kleinen Abwinklungsbereich liegt, das heißt zumindest wenn der Gelenkwinkel nicht größer als 5 Grad ist, wobei jede der inneren Laufnuten des zumindest einen ersten Nutabschnitts und des zumindest einen zweiten Nutabschnitts einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in dem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des inneren Gelenkelements enthält, und wobei der innere Kontaktpunkt in dem geraden Abschnitt des Bodens von jeder der inneren Laufnuten zumindest in dem kleinen Abwinklungsbereich liegt. Daher kann ein Abschnitt jeder der Laufnuten, welcher dem kleinen Abwinklungsbereich entspricht, der im Wesentlichen mit einem normalen Bereich überlappt, leicht

und mit hoher Genauigkeit bearbeitet werden, so dass es möglich ist, die Druckkraft in Abhängigkeit von dem Klemmwinkel entsprechend zu erhalten.

Kurzbeschreibung der Figuren

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht eines homokinetischen Universalgelenks, das gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, wobei die Querschnittsansicht in einer Ebene aufgenommen ist, die eine Achse des homokinetischen Universalgelenks enthält;

Fig. 2 ist eine Seitenansicht des homokinetischen Universalgelenks von **Fig. 1**, wobei die Seitenansicht von der rechten Seite von **Fig. 1** aus gesehen wird;

Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht von einem äußeren Gelenkelement des homokinetischen Universalgelenks von **Fig. 1**, insbesondere eines Abschnitts einer ersten äußeren Laufnut des äußeren Gelenkelements, um eine Form eines Bodens der ersten äußeren Laufnut in deren Längsrichtung zu erklären;

Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht von einem inneren Gelenkelement des homokinetischen Universalgelenks von **Fig. 1**, insbesondere eines Abschnitts einer ersten inneren Laufnut des inneren Gelenkelements, um eine Form eines Bodens der ersten inneren Laufnut in deren Längsrichtung zu erklären;

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht des äußeren Gelenkelements des homokinetischen Universalgelenks von **Fig. 1**, insbesondere eines Abschnitts einer zweiten äußeren Laufnut des äußeren Gelenkelements, um eine Form eines Bodens der zweiten äußeren Laufnut in deren Längsrichtung zu erklären;

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht des inneren Gelenkelements des homokinetischen Universalgelenks von **Fig. 1**, insbesondere eines Abschnitts einer zweiten inneren Laufnut des inneren Gelenkelements, um eine Form eines Bodens der zweiten inneren Laufnut in deren Längsrichtung zu erklären;

Fig. 7 ist eine Ansicht zum Erklären einer auf eine Kugel A1 ausgeübten Druckkraft F_a , basierend auf einem Klemmwinkel α in einem ersten Nutabschnitt, und einer auf eine Kugel B4 ausgeübten Druckkraft F_b , basierend auf einem Klemmwinkel β in einem zweiten Nutabschnitt, im homokinetischen Universalgelenk von **Fig. 1**;

Fig. 8 ist eine Reihe von Ansichten, die Fälle zeigen, in welchen eine Welle des inneren Gelenkelements des homokinetischen Universalgelenks von **Fig. 1** von dem Aufwärts- (in Richtung des ersten Nutabschnitts) und

Abwärtsschwenken (in Richtung des zweiten Nutabschnitts) zurückgeführt werden soll;

Fig. 9 ist eine Ansicht, die die Eigenschaften der Veränderungen der Klemmwinkel

α , β der sechs in **Fig. 8** dargestellten Kugeln A1, A3, A5, B2, B4, B6 in Bezug auf den Gelenkwinkel Φ zeigt;

Fig. 10 ist eine Ansicht, die eine Änderung (durchgezogene Linie) einer Wellenneigungsbelastung zeigt, die in dem homokinetischen Universalgelenk von **Fig. 1** erzeugt wird, wenn es aus der Neigung zurückgeführt wird, wie in **Fig. 8** gezeigt, im Vergleich zu der (gestrichelten Linie) in einem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk, bei welchem die Absolutwerte der Klemmwinkel α , β gleich zueinander sind;

Fig. 11 ist eine Ansicht, die eine Änderung einer zwischen der Kugel A1 und einem Käfig wirkenden Last zeigt, wobei die gestrichelte Linie die Änderung der Last anzeigt, wenn das homokinetische Universalgelenk von **Fig. 1** nach oben geneigt ist (in Richtung des ersten Nutabschnitts), wie in der rechten Ansicht von **Fig. 8** gezeigt, und die durchgezogene Linie die Änderung der Last anzeigt, wenn das Gelenk von **Fig. 1** nach dem nach oben Neigen zurückgeführt wird;

Fig. 12 ist eine Ansicht zum Erklären einer von der Kugel auf die innere Laufnut aufgebrauchte Kugel-Nutbelastung F_g in dem ersten Nutabschnitt, wenn eine Rotation durch das homokinetische Universalgelenk übertragen wird;

Fig. 13 ist eine Ansicht, die eine Charakteristik einer Änderung der in **Fig. 12** gezeigten Kugel-Nutbelastung F_g zeigt, und einen Spitzenwert F_p der Kugel-Nutbelastung F_g erklärt, der sich aus der Charakteristik der Änderung der Kugel-Nutbelastung F_g ergibt;

Fig. 14 ist eine Ansicht, die den Spitzenwert F_p der Kugel-Nutbelastung F_g in jedem der verschiedenen Werte des Gelenkwinkels Φ zeigt, wobei in einer vergleichenden Weise das homokinetische Universalgelenk (als Ausführungsform der Erfindung) von **Fig. 1** und das herkömmliche homokinetische Universalgelenk verglichen wird, bei welchem die Absolutwerte der Klemmwinkel α , β gleich zueinander sind;

Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht entsprechend **Fig. 7**, die das homokinetische Universalgelenk (als Ausführungsform der Erfindung) von **Fig. 1** zeigt, und die das herkömmliche homokinetische Universalgelenk erklärt, bei welchem die Absolutwerte der Klemmwinkel α , β gleich zueinander sind;

Fig. 16 ist eine Ansicht, die **Fig. 9** entspricht, die sich auf das homokinetische Universalgelenk (als Ausführungsform der Erfindung) von **Fig. 1** bezieht, und die Charakteristiken von Änderungen der Klemmwinkel α , β der sechs Kugeln A1, A3, A5, B2, B4, B6 (die wie in **Fig. 8** definiert sind) in Bezug auf den Gelenkwinkel Φ in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk von **Fig. 15** zeigt; und

Fig. 17 ist eine Ansicht, die **Fig. 11** entspricht, die sich auf das homokinetische Universalgelenk (als Ausführungsform der Erfindung) von **Fig. 1** bezieht, und die eine Änderung einer zwischen der Kugel A1 und dem Käfig wirkenden Last zeigt, wobei die gestrichelte Linie die Änderung der Last anzeigt, wenn das herkömmliche homokinetische Universalgelenk von **Fig. 15** nach oben geneigt wird (in Richtung des ersten Nutabschnitts), wie in der rechten Ansicht von **Fig. 8** dargestellt, und eine durchgezogene Linie die Änderung der Last anzeigt, wenn das Gelenk von **Fig. 15** nach dem nach oben Neigen zurückgeführt wird.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0018] Das homokinetische Universalgelenk der vorliegenden Erfindung wird beispielsweise in einer Antriebskraftübertragungsvorrichtung für eine Achse von Vorderrädern als lenkbare Räder eines Fahrzeugs sowie auf eine Rotationsübertragungsvorrichtung für verschiedene Arten von anderen Maschinen als einem Fahrzeug angewendet. Ein maximaler Wert des Gelenkwinkels (das heißt der maximale Winkelwert, um welchen das Gelenk abgewinkelt werden kann) beträgt vorzugsweise zumindest 30 Grad, insbesondere zumindest 40 Grad. Der maximale Wert des Gelenkwinkels kann jedoch kleiner als 30 Grad sein. Die Gesamtzahl der Kugeln, das heißt die Gesamtzahl der Nutabschnitte, die die ersten und zweiten Nutabschnitte enthalten, beträgt vorzugsweise sechs oder zehn, kann aber $2 + 4n$ betragen (wobei „n“ eine natürliche Zahl von nicht weniger als 1 darstellt), so dass jeder des zumindest einen ersten Nutabschnitts und ein entsprechender des zumindest einen zweiten Nutabschnitts in jeweiligen Positionen angeordnet sind, die symmetrisch in Bezug auf die Mittelachsen sind. Es ist zu beachten, dass die natürliche Zahl n auch 0 ($n=0$) sein kann, das heißt die Gesamtzahl der Nutabschnitte kann zwei betragen.

[0019] Ein Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen ersten Nutabschnitts ist bevorzugt um 2 bis 10 Grad, und mehr bevorzugt um 4 bis 8 Grad größer als ein Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen zweiten Nutabschnitts in dem Referenzzustand. Falls der Unterschied weniger als 2 Grad ist, wäre es schwierig, aufgrund der Differenz

einen Vorteil zu erhalten. Die Differenz kann jedoch weniger als 2 Grad betragen, solange ein gewisser Vorteil erzielt werden kann. Wenn der Unterschied mehr als 10 Grad beträgt, kann die Haltung des Käfigs instabil sein. Der Unterschied kann jedoch mehr als 10 Grad betragen, solange es kein Problem wie mangelnde Stabilität in der Haltung des Käfigs gibt. Es ist bevorzugt, dass der Klemmwinkel, welcher zwischen den äußeren und inneren Laufnuten definiert ist, im Wesentlichen gleichmäßig radial nach außen und radial nach innen geöffnet ist. Der Klemmwinkel kann jedoch hauptsächlich radial nach außen oder hauptsächlich radial nach innen geöffnet sein. Der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen zweiten Nutabschnitts ist beispielsweise in dem Referenzzustand vorzugsweise in einem Bereich von etwa 10 bis 20 Grad. Der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen ersten Nutabschnitts ist in dem Referenzzustand größer als der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen zweiten Nutabschnitts und liegt beispielsweise in dem Referenzzustand vorzugsweise in einem Bereich von etwa 15 Grad bis 25 Grad.

[0020] Jede der äußeren und inneren Laufnuten, die den zumindest einen ersten Nutabschnitt bilden, hat eine Bodenform in der axialen Richtung, so dass, wenn das homokinetische Universalgelenk innerhalb einer Ebene geneigt wird, die einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts enthält, der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen ersten Nutabschnitts größer gehalten wird als der Absolutwert des Klemmwinkels des zumindest einen zweiten Nutabschnitts in dem Referenzzustand, unabhängig von dem Gelenkwinkel.

[0021] Ein Boden jeder der äußeren und inneren Laufnuten, die den zumindest einen ersten Nutabschnitt bilden, hat zumindest in dem kleinen Abwinklungsbereich vorzugsweise einen geraden Abschnitt, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse des äußeren und inneren Gelenkelements enthält, so dass der äußere oder innere Kontaktpunkt im geraden Abschnitt liegt, das heißt vorzugsweise, wenn der Gelenkwinkel nicht kleiner als -5 Grad und nicht größer als +5 Grad ist, mehr bevorzugt, wenn der Gelenkwinkel nicht kleiner als -8 Grad und nicht größer als +8 Grad ist. Der Boden jeder der äußeren und inneren Laufnuten kann einen nicht-geraden Abschnitt haben, der durch eine gebogene Linie, wie eine gekrümmte Linie im Querschnitt, definiert ist, so dass der äußere oder innere Kontaktpunkt im nicht geraden Abschnitt in dem kleinen Abwinklungsbereich einschließlich 0 Grad von dem Gelenkwinkel liegt. Der gerade Abschnitt des Bodens jeder der äußeren und inneren Laufnuten ist in Bezug auf die Mittelachse so geneigt, dass ein gewünschter Klemmwinkel definiert ist.

[0022] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung in Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen ausführlich beschrieben. Die Figuren der Zeichnungen werden bei Bedarf vereinfacht oder verformt, und jeder Abschnitt wird nicht unbedingt präzise in Bezug auf Maßverhältnis, Form usw. dargestellt.

Ausführungsform

[0023] Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht eines homokinetischen Universalgelenks 10, das gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert wurde, wobei die Querschnittsansicht in einer Ebene aufgenommen wird, die eine Achse des homokinetischen Universalgelenks 10 enthält. Fig. 2 ist eine Seitenansicht, die von der rechten Seite von Fig. 1 aus gesehen ist. Dieses homokinetische Universalgelenk 10 ist beispielsweise für eine Vorderradachse als lenkbare Räder eines Fahrzeugs zu verwenden und hat ein äußeres Gelenkelement 12 und ein inneres Gelenkelement 14, mit welchen eine Welle 16 durch Keilwellen oder dergleichen in einer antriebskraftübertragenden Art verbunden ist. Die Ansichten der Fig. 1 und 2 zeigen einen Referenzzustand des homokinetischen Universalgelenks 10, in welchem ein Mittelachse S1 des äußeren Gelenkelements 12 und eine Mittelachse S2 des inneren Gelenkelements 14 zueinander ausgerichtet sind, das heißt in einer Geraden mit einem Gelenkwinkel Φ von 0 Grad liegen. In diesem homokinetischen Universalgelenk 10 beträgt ein maximaler Wert des Gelenkwinkels Φ (das heißt der maximale Winkelwert, um den das Gelenk 10 geneigt werden kann) zumindest 40 Grad und in der vorliegenden Ausführungsform etwa 46 Grad. Der Gelenkwinkel Φ ist ein Schnittwinkel der Mittelachse S1 und der Mittelachse S2. Der Gelenkwinkel Φ beträgt in dem Referenzzustand 0 Grad, in welchem die Mittelachsen S2, S2 in einer Geraden liegen.

[0024] Das äußere Gelenkelement 12 ist ein im Wesentlichen becherförmiges Element (halbkugelförmiges Element), und hat eine Vielzahl an äußeren Laufnuten 20, die in dessen inneren Umfangsfläche vorgesehen sind. Die äußeren Laufnuten 20 sind um die Mittelachse S1 angeordnet und sind im Wesentlichen im gleichen Winkel voneinander beabstandet. Die äußeren Laufnuten 20 bestehen aus einer Vielzahl an ersten äußeren Laufnuten 20a und einer Vielzahl an zweiten äußeren Laufnuten 20b. In der vorliegenden Ausführungsform bestehen die äußeren Laufnuten 20 aus drei ersten äußeren Laufnuten 20a und drei zweiten äußeren Laufnuten 20b, so dass die ersten und zweiten äußeren Laufnuten 20a, 20b abwechselnd um die Mittelachse S1 angeordnet sind. Es ist zu beachten, dass die ersten und zweiten äußeren Laufnuten 20a, 20b einfach als äußere Laufnuten 20 bezeichnet werden, sofern sie nicht zu unterscheiden sind. Währenddessen ist das

innere Gelenkelement 14 radial innerhalb des im Wesentlichen becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 angeordnet und weist in dessen äußeren Umfangsfläche eine Vielzahl an inneren Laufnuten 22 auf. Die inneren Laufnuten 22 sind um die Mittelachse S2 angeordnet und sind im Wesentlichen im gleichen Winkel voneinander beabstandet. Die inneren Laufnuten 22 bestehen aus einer Vielzahl an ersten inneren Laufnuten 22a und einer Vielzahl an zweiten inneren Laufnuten 22b. In der vorliegenden Ausführungsform bestehen die inneren Laufnuten 22 aus drei ersten inneren Laufnuten 22a und drei zweiten inneren Laufnuten 22b, so dass die ersten und zweiten inneren Laufnuten 22a, 22b abwechselnd um die Mittelachse S2 angeordnet sind. Es ist zu beachten, dass die ersten und zweiten inneren Laufnuten 22a, 22b einfach als innere Laufnuten 22 bezeichnet werden, sofern sie nicht zu unterscheiden sind.

[0025] Jede der ersten äußeren Laufnuten 20a ist so vorgesehen, um einer entsprechenden der ersten inneren Laufnuten 22a in radialer Richtung des homokinetischen Universalgelenks 10 gegenüber zu liegen, so dass eine Kugel 24 zwischen den ersten äußeren und inneren Laufnuten 20a, 22a eingefügt ist, die in der radialen Richtung einander gegenüberliegen, um ein Drehmoment zwischen den äußeren und inneren Gelenkelementen 12, 14 durch die Kugel 24 zu übertragen, die zwischen den einander gegenüberliegenden ersten äußeren und inneren Laufnuten 20a, 22a eingefügt ist. Die Kugel 24 ist zwischen den ersten äußeren und inneren Laufnuten 20a, 22a eingeklemmt, und ist an äußeren und inneren Kontaktpunkten mit den jeweiligen ersten äußeren und inneren Laufnuten 20a, 22a in Kontakt. Ebenso ist jede der zweiten äußeren Laufnuten 20b so vorgesehen, um einer entsprechenden der zweiten inneren Laufnuten 22b in radialer Richtung des homokinetischen Universalgelenks 10 gegenüber zu liegen, so dass die Kugel 24 zwischen den zweiten äußeren und inneren Laufnuten 20b, 22b eingefügt ist, die in der radialen Richtung einander gegenüberliegen, um das Drehmoment zwischen den äußeren und inneren Gelenkelementen 12, 14 durch die Kugel 24 zu übertragen, die zwischen den gegenüberliegenden zweiten äußeren und inneren Laufnuten 20b, 22b eingefügt ist. Die Kugel 24 ist zwischen den zweiten äußeren und inneren Laufnuten 20b, 22b eingeklemmt, und ist an äußeren und inneren Kontaktpunkten mit den jeweiligen zweiten äußeren und inneren Laufnuten 20b, 22a in Kontakt. In einem ringförmigen Raum, der zwischen den äußeren und inneren Gelenkelementen 12, 14 definiert ist, ist ein ringförmiger Käfig 26 vorgesehen, der um eine Gelenkmitte O schwenkbar ist. Der ringförmige Käfig 26 hat sechs Taschen (Öffnungen) 28, die so vorgesehen sind, um im Wesentlichen im gleichen Winkel voneinander beabstandet zu sein, so dass die Kugel 24 in den jeweiligen Taschen 28 gehalten

werden. Der Käfig 26 hat eine kugelförmige Außenumfangsfläche und wird vom äußeren Gelenkelement 12 gehalten, wobei die kugelförmige Außenumfangsfläche verschiebbar in die Innenumfangsfläche des äußeren Gelenkelements 12 eingesetzt ist.

[0026] Jede der ersten äußeren Laufnuten 20a und die entsprechende der ersten inneren Laufnuten 22a, welche in der radialen Richtung einander gegenüberliegen, bilden einen ersten Nutabschnitt 30, während jede der zweiten äußeren Laufnuten 20b und die entsprechende der zweiten inneren Laufnuten 22b, welche in der radialen Richtung einander gegenüberliegen, einen zweiten Nutabschnitt 32 bilden. Die ersten und zweiten Nutabschnitte 30, 32 sind abwechselnd um die Mittelachsen S1, S2 angeordnet. In der vorliegenden Ausführungsform, in welcher die Gesamtzahl der Nutabschnitte 30, 32 sechs beträgt, befinden sich jeder der ersten Nutabschnitte 30 und ein entsprechender der zweiten Nutabschnitte 32 in jeweiligen Positionen, die symmetrisch in Bezug auf die Mittelachsen S1, S2 sind, wie in **Fig. 2** gezeigt.

[0027] In dem in den **Fig. 1** und **2** gezeigten Referenzzustand ist ein Klemmwinkel α in jedem ersten Nutabschnitt 30, das heißt der Klemmwinkel α , durch welchen die Kugel 24 zwischen den ersten äußeren und inneren Laufnuten 20, 22a eingeklemmt ist, ein positiver Wert, um sich zu einem Öffnungsende des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 zu öffnen (nach rechts, wie in **Fig. 1** zusehen). Das heißt, in jedem ersten Nutabschnitt 30 wird ein radialer Abstand zwischen den ersten äußeren und inneren Laufnuten 20a, 22a in einer radialen Richtung des äußeren Gelenkelements 12 im Wesentlichen in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements 12 im Referenzzustand vergrößert. Der Klemmwinkel α ist definiert als ein Schnittwinkel einer äußeren Tangentialebene 21a, die an dem vorstehend beschriebenen äußeren Kontaktpunkt die Kugel 24 tangiert und einer inneren Tangentialebene 23a, die an dem vorstehend beschriebenen inneren Kontaktpunkt die Kugel 24 tangiert. Das heißt, der Klemmwinkel α ist ein Winkel der inneren Tangentialebene 23 relativ zu der äußeren Tangentialebene 21 a. Währenddessen ist ein Klemmwinkel β in jedem zweiten Nutabschnitt 32, das heißt der Klemmwinkel β , durch welchen die Kugel 24 zwischen den zweiten äußeren und inneren Laufnuten 20b, 22b eingeklemmt ist, ein negativer Wert, um sich zu einer Bodenwand des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 zu öffnen (nach links, wie in **Fig. 1** zusehen). Das heißt, in jedem zweiten Nutabschnitt 32 wird ein radialer Abstand zwischen den zweiten äußeren und inneren Laufnuten 20b, 22b in der radialen Richtung im Wesentlichen in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements 12 in dem Referenzzustand reduziert. Der Klemmwinkel β ist definiert als ein Schnitt-

winkel einer äußeren Tangentialebene 21b, die an dem vorstehend beschriebenen äußeren Kontaktpunkt die Kugel 24 tangiert und einer inneren Tangentialebene 23b, die an dem vorstehend beschriebenen inneren Kontaktpunkt die Kugel 24 tangiert. Das heißt, der Klemmwinkel β ist ein Winkel der inneren Tangentialebene 23b relativ zu der äußeren Tangentialebene 21b. In dem Referenzzustand ist ein Absolutwert des Klemmwinkels α um 2-10 Grad größer als ein Absolutwert des Klemmwinkels β . In der vorliegenden Ausführungsform ist der Absolutwert des Klemmwinkels α um 8 Grad größer als der Absolutwert des Klemmwinkels β . Konkret liegt der Klemmwinkel α in einem Bereich zwischen 15 Grad und 25 Grad und beträgt zum Beispiel etwa 22 Grad. Der Klemmwinkel β liegt in einem Bereich zwischen -10 Grad und -20 Grad und beträgt zum Beispiel etwa -14 Grad. Der Klemmwinkel α wird durch eine Änderung des Gelenkwinkels Φ verändert. In der vorliegenden Ausführungsform, wie in **Fig. 7** gezeigt ist, ist beim Neigen des homokinetischen Universalgelenks 10 innerhalb einer Ebene, die den ersten Nutabschnitt 30 enthält, der Absolutwert des Klemmwinkels α immer größer als der Absolutwert (14 Grad) des Klemmwinkels β in dem Referenzzustand, unabhängig von dem Gelenkwinkel Φ . Wie in **Fig. 9** gezeigt, in welcher der Klemmwinkel α der Kugel 24 (A1) in einem der ersten Nutabschnitte 30, der sich in einem oberen Abschnitt von **Fig. 1** befindet, durch eine dicke durchgezogene Linie dargestellt wird, wobei der Klemmwinkel α der Kugel 24 (A1) größer als 14 Grad ist und über einen gesamten Bereich des Gelenkwinkels Φ nicht kleiner als etwa 20 Grad gehalten wird. Das heißt, die Böden der ersten äußeren und inneren Laufnuten 20a, 22a in dem axialen Querschnitt, welche den Klemmwinkel α definieren, haben entsprechende Formen, die zusammenwirken, um den Klemmwinkel α nicht kleiner als etwa 20 Grad zu halten, unabhängig vom Gelenkwinkel Φ .

[0028] **Fig. 3** ist eine Ansicht zur spezifischen Erklärung der Form des Bodens der ersten äußeren Laufnut 20a in dem axialen Querschnitt. In **Fig. 3** zeigt die gestrichelte Linie einen Kugellokus La1 an, der ein Bewegungspfad ist, entlang dessen ein Mittelpunkt der Kugel 24 bewegt werden soll. Die Form des Bodens der ersten äußeren Laufnut 20a ist abhängig vom Kugellokus La1. Der Kugellokus La1 hat einen geneigten geraden Abschnitt 40, bogenförmige Abschnitte 42, 44 und einen parallelen geraden Abschnitt 46. Der geneigte gerade Abschnitt 40 entspricht einem normalen Bereich (kleiner Abwinklungsbereich) Ea, in welchem der Gelenkwinkel Φ nicht größer als 7 Grad ist (nämlich $-7 \text{ Grad} \leq \Phi \leq +7 \text{ Grad}$). Die bogenförmigen Abschnitte 42, 44 sind mit den jeweils gegenüberliegenden Enden des geneigten geraden Abschnitts 40 leichtgängig verbunden und haben entsprechende Radien Ra1, Ra2. Der parallele gerade Abschnitt 46 ist parallel zu der Mittelachse S1 und ist leichtgängig mit einem

der gegenüberliegenden Enden des bogenförmigen Abschnitts 42 verbunden, welcher sich auf der rechten Seite in **Fig. 3** befindet, das heißt auf der Seite des Öffnungsendes des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12. Der Normalbereich Ea entspricht einem Bereich von 7 Grad und besteht aus zwei Bereichen, wobei einer der beiden Bereiche einem Bereich von 3,5 Grad entspricht, der sich auf einer der gegenüberliegenden Seiten einer durch das Gelenkzentrum O verlaufenden senkrechten Linie Lo befindet, und der andere der beiden Bereiche einem anderen Bereich von 3,5 Grad entspricht, der sich auf der anderen der gegenüberliegenden Seiten der senkrechten Linie Lo befindet. Der geneigte gerade Abschnitt 40 definiert den Klemmwinkel α in dem Referenzzustand, in welchem der Gelenkwinkel Φ 0 Grad beträgt. In der vorliegenden Ausführungsform ist der geneigte gerade Abschnitt 40 radial um etwa 11 Grad nach außen geneigt, was $\alpha/2$ entspricht (das heißt einer Hälfte des Klemmwinkels α), so dass der geneigte gerade Abschnitt 40 von der Mittelachse S1 in einer Richtung zum Öffnungsende des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 hin weiter entfernt wird. Die beiden Radien Ra1, Ra2 der jeweiligen Bogenabschnitte 42, 44 sind kleiner als ein Radialabstand des Kugellokus La1 von der Mittelachse S1. Der Boden der ersten äußeren Laufnut 20a hat eine radiale Abmessung, die um einen Radius der Kugel 24 größer ist als der Kugellokus La1. Es ist zu beachten, dass die zweite äußere Laufnut 20b, welche in der Nähe der ersten äußeren Laufnut 20a angeordnet ist, in **Fig. 3** nicht dargestellt ist.

[0029] **Fig. 4** ist eine Ansicht zur spezifischen Erklärung der Form eines Bodens der ersten inneren Laufnut 22a in dem axialen Querschnitt. Die Form des Bodens der ersten inneren Laufnut 22a ist abhängig von einem Kugellokus La2, der durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet ist. Der Kugellokus La2 ist ein Spiegelbild des Kugellokus La1, das heißt er ist symmetrisch zu dem Kugellokus La1 in Bezug auf die Senkrechte Lo, und ist gleich dem Kugellokus La1, indem der Kugellokus La2 den geneigten geraden Abschnitt 40, die gebogenen Abschnitte 42, 44 und den parallelen geraden Abschnitt 46 enthält. Der geneigte gerade Abschnitt 40 entspricht dem Normalbereich Ea. Die bogenförmigen Abschnitte 42, 44 sind mit den jeweils gegenüberliegenden Enden des geneigten geraden Abschnitts 40 leichtgängig verbunden und haben entsprechende Radien Ra1, Ra2. Der parallele gerade Abschnitt 46 ist parallel zu der Mittelachse S2 und leichtgängig mit einem der gegenüberliegenden Enden des bogenförmigen Abschnitts 42 verbunden, welcher sich auf der linken Seite in **Fig. 4** befindet, das heißt, welcher auf der Seite der Bodenwand des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 ist. Der geneigte gerade Abschnitt 40 des Kugellokus La2 ist radial nach innen um etwa 11 Grad entsprechend $\alpha/2$ geneigt,

so dass der geneigte gerade Abschnitt 40 der Mittelachse S2 in einer nach rechts gerichteten Richtung, wie in **Fig. 4** gesehen, näherkommt, das heißt in einer Richtung zum Öffnungsende des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12. Der Boden der ersten inneren Laufnut 22a hat eine radiale Abmessung, das um den Radius der Kugel 24 kleiner ist als der Kugellokus La2.

[0030] **Fig. 5** ist eine Ansicht zur spezifischen Erklärung einer Form des Bodens der zweiten äußeren Laufnut 20b in dem axialen Querschnitt. In **Fig. 5** zeigt die gestrichelte Linie einen Kugellokus Lb1 an, der ein Bewegungspfad ist, entlang welchem ein Mittelpunkt der Kugel 24 bewegt werden soll. Die Form des Bodens der zweiten äußeren Laufnut 20b ist abhängig vom Kugellokus Lb1. Der Kugellokus Lb1 enthält einen geneigten geraden Abschnitt 50 und einen Bogenabschnitt 52. Der geneigte gerade Abschnitt 50 enthält den vorstehend beschriebenen Normalbereich Ea. Der Bogenabschnitt 52 hat einen Radius Rb und ist leichtgängig mit einem linken Seitenende verbunden, wie in **Fig. 5** zusehen, des geneigten geraden Abschnitts 50, das heißt mit einem der gegenüberliegenden Enden des geneigten geraden Abschnitts 50, wobei sich das eine der gegenüberliegenden Enden zwischen dem Normalbereich Ea und der Bodenwand des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 befindet. Der geneigte gerade Abschnitt 50 hat zusätzlich zu dem Normalbereich Ea einen Verlängerungsbereich, der sich an einem rechten Seitenende, wie in **Fig. 5** zusehen, des Normalbereichs Ea befindet, das heißt an einer von gegenüberliegenden Seiten des Normalbereichs Ea, wobei die eine der gegenüberliegenden Seiten eine Seite des Öffnungsendes des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 ist. Der geneigte gerade Abschnitt 50 definiert den Klemmwinkel β in dem Referenzzustand, in welchem der Gelenkwinkel Φ 0 Grad beträgt. In der vorliegenden Ausführungsform ist der geneigte gerade Abschnitt 50 radial um etwa 7 Grad nach innen geneigt, was einem Absolutwert von $\beta/2$ (das heißt einer Hälfte des Klemmwinkels β) entspricht, so dass der geneigte gerade Abschnitt 50 näher an die Mittelachse S2 in einer Richtung zu dem Öffnungsende des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 kommt. Der Radius Rb des Bogenabschnitts 52 ist kleiner als ein radialer Abstand des Kugellokus Lb1 von der Mittelachse S1. Der Boden der zweiten äußeren Laufnut 20b hat eine radiale Abmessung, die um den Radius der Kugel 24 größer ist als der Kugellokus La1. Es ist zu beachten, dass die erste äußere Laufnut 20a, welche in der Nähe der zweiten äußeren Laufnut 20b angeordnet ist, wie in **Fig. 5** nicht dargestellt ist.

[0031] **Fig. 6** ist eine Ansicht zur spezifischen Erklärung einer Form des Bodens der zweiten inneren Laufnut 22b in dem axialen Querschnitt. Die Form des Bodens der zweiten inneren Laufnut 22b ist

abhängig von einem Kugellokus Lb2, der durch eine gestrichelte Linie angezeigt ist. Der Kugellokus Lb2 ist ein Spiegelbild des Kugellokus Lb1, das heißt, er ist symmetrisch zu dem Kugellokus Lb1 in Bezug auf die Senkrechte Lo, und ist gleich dem Kugellokus Lb1, da der Kugellokus Lb2 den geneigten geraden Abschnitt 50 und den Bogenabschnitt 52 enthält. Der geneigte gerade Abschnitt 50 enthält den vorstehend beschriebenen Normalbereich Ea. Der Bogenabschnitt 52 hat den Radius Rb und ist leichtgängig mit einem rechten Seitenende, wie in **Fig. 6** zusehen, des geneigten geraden Abschnitts 50 verbunden, das heißt mit einem der gegenüberliegenden Enden des geneigten geraden Abschnitts 50, wobei sich das eine der gegenüberliegenden Enden zwischen dem Normalbereich Ea und dem Öffnungsende des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 befindet. Der geneigte gerade Abschnitt 50 hat zusätzlich zu dem Normalbereich Ea einen Verlängerungsbereich, der sich an einem linken Seitenende, wie in **Fig. 6** zusehen, des Normalbereichs Ea, befindet, das heißt an einer von gegenüberliegenden Seiten des Normalbereichs Ea, wobei die eine der gegenüberliegenden Seiten eine Seite der Bodenwand des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12 ist. Der geneigte gerade Abschnitt 50 des Kugellokus Lb2 ist radial um etwa 7 Grad entsprechend $\beta/2$ nach außen geneigt, so dass der geneigte gerade Abschnitt 50 von der Mittelachse S2 in einer nach rechts gerichteten Richtung, wie in **Fig. 6** zusehen, weiter entfernt wird, das heißt in einer Richtung zum Öffnungsende des becherförmigen äußeren Gelenkelements 12. Der Boden der zweiten inneren Laufnut 22b hat eine radiale Abmessung, die um den Radius der Kugel 24 kleiner ist als der Kugellokus Lb2.

[0032] **Fig. 7** ist eine Ansicht zur Erklärung einer auf die Kugel 24 (A1) aufgebrachte Druckkraft Fa, basierend auf dem Klemmwinkel α in dem ersten Nutabschnitt 30, und einer auf die Kugel 24 (B4) aufgebrachten Druckkraft Fb, basierend auf dem Klemmwinkel β in dem zweiten Nutabschnitt 32, in dem homokinetischen Universalgelenk von **Fig. 1**. Zur Unterscheidung der sechs Kugeln 24 voneinander, wie in **Fig. 8** gezeigt, werden drei in den jeweiligen ersten Nutabschnitten 30 angeordnete Kugeln 24 als Kugeln A1, A3, A5 und weitere drei in den jeweiligen zweiten Nutabschnitten 32 angeordnete Kugeln 24 als Kugeln B2, B4, B6 bezeichnet. Die sechs Kugeln 24 werden als Kugeln A, B oder Kugeln 24 bezeichnet, wenn sie nicht besonders voneinander unterschieden werden. Wie in **Fig. 7** gezeigt, nimmt die im ersten Nutabschnitt 30 angeordnete Kugel A1 die Druckkraft Fa auf, welche auf dem Klemmwinkel α basiert und nach rechts wirkt, während die im zweiten Nutabschnitt 32 angeordnete Kugel B4 die Druckkraft Fb aufnimmt, welche auf dem Klemmwinkel β basiert und in der linken Richtung wirkt. Wenn der Gelenkwinkel Φ geändert werden soll, das heißt, wenn das homokinetische Uni-

versalgelenk 10 geneigt oder von der Neigung zurückgeführt werden soll, werden die Kugeln 24 basierend auf den Druckkräften F_a , F_b bewegt, wobei der Käfig 26 um die Gelenkmitte O geschwenkt wird. Insbesondere wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14, wie durch den Pfeil D_n angezeigt, relativ zu dem äußeren Gelenkelement 12 nach unten innerhalb einer Ebene (entsprechend dem Zeichnungsblatt von **Fig. 7**) geschwenkt werden soll, die die Zentren der jeweiligen Kugeln A_1 , B_4 enthält, das heißt um eine Schwenkachse senkrecht zu der Ebene, die die Zentren der jeweiligen Kugeln A_1 , B_4 enthält, wird der Käfig 26 aufgrund von Bewegungen der Kugeln 24 basierend auf den Druckkräften F_a , F_b um die Gelenkmitte O leichtgängig geschwenkt. Wenn hingegen die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14, wie durch den Pfeil U_p angezeigt, relativ zu dem äußeren Gelenkelement 12 innerhalb der vorstehend beschriebenen Ebene nach oben geschwenkt werden soll, muss der Käfig 26 um die Gelenkmitte O gegen den Uhrzeigersinn geschwenkt werden, wie in **Fig. 7** dargestellt. Allerdings wirken in diesem Fall die auf die jeweiligen Kugeln A_1 , B_4 aufgebrachten Druckkräfte F_a , F_b entgegengesetzt zu der Richtung gegen den Uhrzeigersinn, so dass die Druckkräfte F_a , F_b nicht zu der Schwenkbewegung des Käfigs 26 gegen den Uhrzeigersinn beitragen.

[0033] Wenn der Gelenkwinkel Φ geändert wird, ändern sich die Klemmwinkel α , β mit der Änderung des Gelenkwinkels Φ , und die Druckkräfte F_a , F_b ändern sich so mit den Änderungen der Klemmwinkel α , β . Ferner ist es notwendig, eine Größe und eine Richtung jeder der Druckkräfte F_a , F_b zu untersuchen, welche auf einem entsprechenden der Klemmwinkel α , β einer entsprechenden aller sechs Kugeln A_1 , A_3 , A_5 , B_2 , B_4 , B_6 basiert. **Fig. 9** ist eine Ansicht, die Charakteristiken der Veränderungen der Klemmwinkel α , β der sechs Kugeln A_1 , A_3 , A_5 , B_2 , B_4 , B_6 zeigt, welche in Abhängigkeit von dem Gelenkwinkel Φ verursacht werden, wenn das innere Gelenkelement 14 innerhalb einer Ebene, die die Zentren der jeweiligen Kugeln A_1 , B_4 enthält, relativ zu dem äußeren Gelenkelement 12 nach oben und unten geschwenkt wird. Wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 nach oben (in Richtung der Kugel A_1) geschwenkt wird, nimmt der Gelenkwinkel Φ einen positiven Wert an, beispielsweise $\Phi = 46$ Grad in einem Fall, der in der rechten Ansicht von **Fig. 8** gezeigt ist. Wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 nach unten geschwenkt wird (in Richtung der Kugel B_4), nimmt der Gelenkwinkel Φ einen negativen Wert an, beispielsweise $\Phi = -46$ Grad in einem Fall, der in der linken Ansicht von **Fig. 8** gezeigt ist. Wenn die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 nach oben geschwenkt wird (Gelenkwinkel $\Phi > 0$), wie durch den Pfeil U_p in **Fig. 7** angezeigt, ist ein Wert des Klemmwinkels β der Kugel B_6 , die sich auf einer Oberseite der Mittel-

achse S_1 befindet, in einem gesamten Bereich von $\Phi > 0$ negativ, und ein Wert des Klemmwinkels α der Kugel A_3 , die sich auf einer Unterseite der Mittelachse S_1 befindet, ist im gesamten Bereich von $\Phi > 0$ positiv, wie in **Fig. 9** gezeigt, so dass der Käfig 26 mit den Kugeln B_6 , A_3 gegen den Uhrzeigersinn leichtgängig geschwenkt wird, wobei die durch die auf die Kugeln B_6 , A_3 aufgebrachten Druckkräfte F_b , F_a bewegt werden.

[0034] Es wird in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90 ein Problem beschrieben, bei welchem der Klemmwinkel α 14 Grad in dem ersten Nutabschnitt 30 und der Klemmwinkel β -14 Grad in dem zweiten Nutabschnitt 32 in dem Referenzzustand beträgt, mit dem Gelenkwinkel Φ von 0 Grad, insbesondere ein Problem bezüglich der Druckkräfte F_a , F_b in der Nähe es Gelenkwinkels Φ von 20 Grad während einer Änderung des Gelenkwinkels Φ , wenn das Gelenk 90 in den Referenzzustand zurückgebracht werden soll, nachdem die Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 nach oben geschwenkt wurde. Wie aus **Fig. 9** ersichtlich ist, ist das homokinetische Universalgelenk 10 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das gleiche wie das herkömmliche homokinetische Universalgelenk 90, indem (i) der Klemmwinkel α der Kugel A_1 als eine der Kugeln A_1 , B_2 , B_6 , die sich auf einer Oberseite der Mittelachse S_1 befinden, einen positiven Wert annimmt, (ii) die Klemmwinkel β der jeweiligen Kugeln B_2 , B_6 , wie die anderen der Kugeln A_1 , B_2 , B_6 , die sich auf der Oberseite befinden, beide negative Werte annehmen, und (iii) die Klemmwinkel α , β der Kugeln A_3 , A_5 , B_4 , die sich auf einer Unterseite der Mittelachse S_2 befinden, alle positive Werte annehmen. Das heißt, das homokinetische Universalgelenk 10 ist das gleiche wie das herkömmliche homokinetische Universalgelenk 90, nur dass die Kugel A_1 zur Schwenkbewegung des Käfigs 26 beiträgt. In dem homokinetischen Universalgelenk 10 beträgt der Klemmwinkel α der Kugel A_1 jedoch etwa 20 Grad und ist viel größer als der (nicht größer als 10 Grad, wie in **Fig. 16** dargestellt) in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90.

[0035] Daher wird in dem homokinetischen Universalgelenk 10 die Kugel A_1 aufgrund des großen Klemmwinkels α mit der großen Druckkraft F_a gedrückt, wodurch der Käfig 26 im Uhrzeigersinn um die Gelenkmitte O leichtgängig geschwenkt werden kann.

[0036] **Fig. 10** ist ein Graph einer Änderung einer Wellenneigungslast, die im homokinetischen Universalgelenk 10 erzeugt wird, wenn der Gelenkwinkel Φ in einem Bereich von ± 46 Grad geändert wird, wie in **Fig. 8** gezeigt. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Wellenneigungslast über den gesamten Bereich des Gelenkwinkels Φ im Wesentlichen null, wie die durchgezogene Linie in **Fig. 10** anzeigt.

Andererseits zeigt in **Fig. 10** die gestrichelte Linie eine Änderung einer Wellenneigungslast an, die in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90 erzeugt wird, das in den **Fig. 15** und **16** gezeigt ist. In dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90, bei welchem das Gelenk um etwa +46 Grad in den Referenzzustand zurückgeführt wird, wird die Wellenneigungslast abrupt erhöht, wenn der Gelenkwinkel Φ nicht größer als 20 Grad wird. So ist es in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90 nicht möglich, durch die Klemmwinkel α , β einen Effekt zum Schwenken des Käfigs 26 angemessen zu erzielen, und es wird davon ausgegangen, dass der Widerstand gegen die Schwenkbewegung des Käfigs 26 groß ist.

[0037] **Fig. 11** ist ein Graph, der eine Änderung einer Käfiglast zeigt, die zwischen der Kugel A1 und dem Käfig 26 wirkt, wobei die gestrichelte Linie die Änderung der Käfiglast anzeigt, wenn das homokinetische Universalgelenk 10 auf +46 Grad des Gelenkwinkels Φ geneigt wird, und die durchgezogene Linie die Änderung der Käfiglast anzeigt, wenn das Gelenk 10 von +46 Grad des Gelenkwinkels Φ in den Referenzzustand zurückgeführt wird. Wenn das Gelenk 10 geneigt wird, ist die Käfiglast im Wesentlichen Null, so dass die Kugel A1 nicht zur Schwenkbewegung des Käfigs 26 beiträgt. Wenn das Gelenk 10 jedoch in den Referenzzustand zurückgeführt wird, wird ab einer Anfangsstufe des Rückführens eine gewisse Lastmenge auf den Käfig 26 aufgebracht, sodass angenommen wird, dass der Käfig 26 um die Gelenkmitte O im Uhrzeigersinn aufgrund der Käfiglast leichtgängig geschwenkt werden kann. Andererseits ist in dem in den **Fig. 15** und **16** dargestellten herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90 die Käfiglast in einer Anfangsstufe des Rückführens (in welcher der Gelenkwinkel Φ zwischen etwa 30-40 Grad liegt), wie in **Fig. 17** dargestellt, im Wesentlichen Null, so dass die Kugel A1 nicht auf den Käfig 26 einwirkt. Ferner wird in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk 90, wenn der Gelenkwinkel Φ nicht größer als 20 Grad wird, die zwischen dem Käfig 26 und der Kugel A1 wirkende Käfiglast erheblich erhöht. Es wird davon ausgegangen, dass die erhebliche Erhöhung der Käfiglast, die zwischen dem Käfig 26 und der Kugel A1 wirkt, als ein Ergebnis des Rückführens der Welle 16 des inneren Gelenkelements 14 verursacht wird, welches dazu bestimmt ist den Käfig 26 unter Krafteinwirkung zu schwenken.

[0038] **Fig. 12** ist eine Ansicht zur Erklärung einer zwischen der Kugel 24 und der ersten inneren Laufnut 22a in dem ersten Nutabschnitt 30 aufgetragenen Kugelnutlast F_g , wenn eine Rotation von dem äußeren Gelenkelement 12 auf das innere Gelenkelement 14 übertragen wird. In diesem Fall wird die Kugelnutlast F_g durch die Gleichung (1) unter Verwendung eines Kontaktwinkels δ und einer Last F_0 der Kugel

24 ausgedrückt, wobei der Kontaktwinkel δ in Abhängigkeit von der Rotationsphase und des Gelenkwinkels Φ verändert wird. **Fig. 13** ist ein Graph, der die charakteristische Änderung der Kugelnutlast F_g während einer Umdrehung des homokinetischen Universalgelenks 10 zeigt, wobei der Gelenkwinkel Φ in einem bestimmten Winkelwert gehalten wird. Wie in **Fig. 13** wird die Last F_g bei einer bestimmten Rotationsphase auf einen Spitzenwert F_p erhöht. **Fig. 14** ist eine Ansicht, die den Spitzenwert F_p in jedem der verschiedenen Werte des Gelenkwinkels Φ zeigt, wobei das homokinetische Universalgelenk 10 und das herkömmliche homokinetische Universalgelenk anhand eines Balkendiagramms verglichen werden. Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, wird in dem homokinetischen Universalgelenk 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Spitzenwert F_p maximiert, wenn der Gelenkwinkel Φ 20 Grad oder 46 Grad beträgt, aber kleiner als ein Maximalwert des Spitzenwerts F_p in dem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk ist. Somit wird in dem homokinetischen Universalgelenk 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Maximalwert der Kugelnutlast F_g verringert, wodurch die Lebensdauer verbessert und eine erforderliche Länge reduziert wird, wodurch es ermöglicht wird, das homokinetische Universalgelenk in der radialen Abmessung zu reduzieren.

$$F_g = F_0 / \sin \delta \quad (1)$$

[0039] Wie vorstehend beschrieben, ist in dem homokinetischen Universalgelenk 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Absolutwert des Klemmwinkels α der ersten Nutabschnitte 30 größer als der Absolutwert des Klemmwinkels β der zweiten Nutabschnitte 32 in dem Referenzzustand, so dass die auf die Kugeln 24 durch den Klemmwinkel α in den ersten Nutabschnitten 30 aufgetragene Druckkraft F_a vergrößert wird. Daher wird selbst in einem Bereich des Gelenkwinkels Φ , in welchem eine ausreichende Druckkraft F_a nicht durch den Klemmwinkel α in den ersten Nutabschnitten 30 in einem herkömmlichen homokinetischen Universalgelenk erreicht werden kann, zum Beispiel einem Bereich von etwa 20 Grad und mehr als 20 Grad während des Zurückführens aus der Neigung in Richtung +46 Grad, die auf die Kugel 24 (A1) aufgebracht Druckkraft F_a ausreichend vergrößert, wodurch der Käfig 26 durch Bewegen der Kugel 24 (A1) durch die auf die Kugel 24 (A1) aufgetragene Druckkraft F_a leichtgängig geschwenkt werden kann.

[0040] Ferner ist der Absolutwert des Klemmwinkels α in den ersten Nutabschnitten 30 um einen Bereich von 2 Grad bis 10 Grad größer als der Absolutwert des Klemmwinkels β in den zweiten Nutabschnitten 32 in dem Referenzzustand. Daher wird die auf die Kugeln 24 in den ersten Nutabschnitten 30 aufgetragene Druckkraft F_a zuverlässig vergrößert,

wodurch der Käfig 26 durch Bewegen der Kugeln 24 durch die auf die Kugeln 24 aufgebrachte Druckkraft F_a entsprechend geschwenkt werden kann.

[0041] Ferner wird, wenn das homokinetische Universalgelenk 10 innerhalb der Ebene geneigt wird, die einen der ersten Nutabschnitte 30 enthält, der Klemmwinkel α in der einen der ersten Nutabschnitte 30 unabhängig von dem Gelenkwinkel Φ beibehalten, so dass der Wert des Klemmwinkels α in dem einen der ersten Nutabschnitte 30 positiv ist, das heißt der radiale Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten 20a und einer entsprechenden der inneren Laufnuten 22a in der radialen Richtung im Wesentlichen in Richtung hin zu dem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements 12 vergrößert wird, und zwar so, dass der Absolutwert des Klemmwinkels α in dem einen der ersten Nutabschnitte 30 größer ist als der Absolutwert (14 Grad) des Klemmwinkels β in den zweiten Nutabschnitten 32 in dem Referenzzustand. Somit wird abhängig von dem Gelenkwinkel Φ , das heißt über einen gesamten Bereich des Gelenkwinkels Φ , die auf die Kugel 24 durch den Klemmwinkel α in dem vorstehend beschriebenen ersten Nutabschnitt 30 aufgebrachte Druckkraft F_a relativ groß gehalten. Somit kann der Käfig 26 durch Bewegen der Kugel 24 durch die Druckkraft F_a in Abhängigkeit von einer Neigungsrichtung leichtgängig geschwenkt werden.

[0042] Ferner hat jede der äußeren Laufnuten 20a, 20b des ersten und zweiten Nutabschnitts 30, 32 den Boden auf, der einen geraden Abschnitt beinhaltet, der durch eine Gerade in dem axialen Querschnitt definiert ist, und der äußere Kontaktpunkt liegt in dem geraden Abschnitt (entsprechend dem geneigten geraden Abschnitt 40 oder dem geneigten geraden Abschnitt 50 des Kugellokus La1 oder Kugellokus Lb1) des Bodens jeder der äußeren Laufnuten 20a, 20b zumindest in dem normalen Bereich Ea, das heißt zumindest wenn der Gelenkwinkel Φ nicht größer als 7 Grad ist. Ebenso hat jede der inneren Laufnuten 22a, 22b des ersten und zweiten Nutabschnitts 30, 32 den Boden, der einen geraden Abschnitt beinhaltet, der durch eine Gerade in dem axialen Querschnitt definiert ist, und der innere Kontaktpunkt liegt in dem geraden Abschnitt (entsprechend dem geneigten geraden Abschnitt 40 oder dem geneigten geraden Abschnitt 50 des Kugellokus La2 oder des Kugellokus Lb2) des Bodens jeder der inneren Laufnuten 22a, 22b zumindest im Normalbereich Ea. Daher kann ein Teil jeder der Laufnuten 20a, 20b, 22a, 22b, welcher dem Normalbereich Ea entspricht, leicht und mit hoher Genauigkeit bearbeitet werden, so dass es möglich ist, die Druckkräfte F_a , F_b in Abhängigkeit von den Klemmwinkeln α , β entsprechend zu erhalten.

[0043] Obwohl die bevorzugte Ausführungsform dieser Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen aus-

föhrlich beschrieben wurde, ist es verständlich, dass die vorstehend beschriebene Ausführungsform nur zur Veranschaulichung gegeben ist und dass die vorliegende Erfindung mit verschiedenen Modifikationen und Verbesserungen verkörpert werden kann, welche Fachleuten einfallen können.

[0044] Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung ein homokinetisches Universalgelenk 10 mit einem im Wesentlichen becherförmigen äußeren Gelenkelement 12 und einem inneren Gelenkelement 14, die miteinander zusammenwirken, um erste und zweite Nutabschnitte 30, 32 zu definieren. Ein Klemmwinkel α , in welchen eine Kugel 24 in den ersten Nutabschnitt 30 eingeklemmt wird, ist zu einem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements 12 hin offen ist. Ein Klemmwinkel β , in welchen eine Kugel 24 in dem zweiten Nutabschnitt 32 eingeklemmt wird, ist zu einer Bodenwand des äußeren Gelenkelements 12 hin offen. Ein Absolutwert des Klemmwinkels α im ersten Nutabschnitt 30 ist größer als ein Absolutwert des Klemmwinkels β in dem zweiten Nutabschnitt 32 in einem Referenzzustand, in welchem Mittelachsen S1, S2 des äußeren Gelenkelements 12 und des inneren Gelenkelements 14 auf einer Gerade liegen.

Bezugszeichen der Elemente

10	homokinetisches Universalgelenk
12	äußeres Gelenkelement
14	inneres Gelenkelement
20a	äußere Laufnut
20b	äußere Laufnut
22a	innere Laufnut
22b	innere Laufnut
24	Kugel
A1, A3, A5, B2, B4, B6	Kugeln
26	Käfig
28	Tasche
30	erster Nutabschnitt
32	zweiter Nutabschnitt
40, 50	geneigter gerader Abschnitt
S1	Mittelachse des äußeren Gelenkelements
S2	Mittelachse des inneren Gelenkelements

Φ	Gelenkwinkel
α	Klemmwinkel des ersten Nutabschnitts
β	Klemmwinkel des zweiten Nutabschnitts
Ea	Normalbereich (kleiner Abwinklungsbereich)

Patentansprüche

1. Homokinetisches Universalgelenk (10), mit:
 einem becherförmigen äußeren Gelenkelement (12) mit einer Vielzahl an äußeren Laufnuten (20a, 20b), die in einer inneren Umfangsfläche des äußeren Gelenkelements (12) vorgesehen sind;
 einem inneren Gelenkelement (14) mit einer Vielzahl an inneren Laufnuten (22a, 22b), die in einer äußeren Umfangsfläche des inneren Gelenkelements (14) vorgesehen sind, wobei das innere Gelenkelement (14) innerhalb des äußeren Gelenkelements (12) angeordnet ist;
 einer Vielzahl an Kugeln (24), die zwischen den äußeren Laufnuten (20a, 20b) und den inneren Laufnuten (22a, 22b) angeordnet sind, um so ein Drehmoment zwischen dem äußeren Gelenkelement (12) und dem inneren Gelenkelement (14) zu übertragen; und
 einem ringförmigen Käfig (26), der zwischen dem äußeren Gelenkelement (12) und dem inneren Gelenkelement (14) angeordnet ist und eine Vielzahl an Taschen (28) hat, die die Kugeln (24) darin halten,
 wobei die äußeren Laufnuten (20a, 20b) und die inneren Laufnuten (22a, 22b) zusammenwirken, um eine Vielzahl an Nutabschnitten (30, 32) zu definieren, so dass jede der Kugeln (24) in einem entsprechenden der Nutabschnitte (30, 32) angeordnet ist,
 wobei jede der Kugeln (24), welche in einem entsprechenden der Nutabschnitte (30, 32) angeordnet ist, zwischen einer der äußeren Laufnuten (20a, 20b) und einer der inneren Laufnuten (22a, 22b) eingeklemmt ist, die zusammenwirken, um einen entsprechenden der Nutabschnitte (30, 32) zu definieren, und an äußeren Kontaktpunkten und inneren Kontaktpunkten mit jeweils der einen der äußeren Laufnuten (20a, 20b) und der einen der inneren Laufnuten (22a, 22b) in Kontakt steht,
 wobei eine äußere Tangentenebene (21a, 21b), die jede der Kugeln (24) an dem äußeren Kontaktpunkt tangiert, und eine innere Tangentenebene (23a, 23b), die jede der Kugeln (24) an dem inneren Kontaktpunkt tangiert, miteinander zusammenwirken, um einen Klemmwinkel (α , β) an einem Schnittpunkt der äußeren Tangentenebene (21a, 21b) und der inneren Tangentenebene (23a, 23b) zu definieren, wobei die Nutenabschnitte (30, 32) zumindest einen

ersten Nutabschnitt (30) haben, in welchem ein radialer Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten (20a) und einer entsprechende der inneren Laufnuten (22a) in einer radialen Richtung des äußeren Gelenkelements (12) in eine Richtung zu einem Öffnungsende des äußeren Gelenkelements (12) in einem Referenzzustand erhöht wird, in welchem Mittelachsen (S1, S2) des äußeren Gelenkelements (12) und des inneren Gelenkelements (14) auf einer Geraden mit einem durch die Mittelachsen (S1, S2) definierten Gelenkwinkel (Φ) von 0 Grad liegen, wobei die Nutabschnitte (30, 32) zumindest einen zweiten Nutabschnitt (32) haben, in welchem ein radialer Abstand zwischen einer entsprechenden der äußeren Laufnuten (20b) und einer entsprechenden der inneren Laufnuten (22b) in radialer Richtung in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements (12) in einem Referenzzustand reduziert wird, wobei in dem Referenzzustand der zumindest eine erste Nutabschnitt (30) und der zumindest eine zweite Nutabschnitt (32) abwechselnd um die Mittelachsen (S1, S2) angeordnet sind, und jeder des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) und zumindest einen zweiten Nutabschnitts (32) in jeweiligen Positionen angeordnet sind, die symmetrisch in Bezug auf die Mittelachsen sind, und wobei in dem Referenzzustand ein Absolutwert des Klemmwinkels (α) in dem zumindest einen ersten Nutabschnitt (30) größer ist als ein Absolutwert des Klemmwinkels (β) in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt (32), und wobei die äußeren und inneren Laufnuten (20a, 22a) jeweilige Böden haben, die den Klemmwinkels (α) in jedem des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) definieren, derart geformt sind, dass, wenn das homokinetische Universalgelenk (10) innerhalb einer Ebene, die einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) enthält, abgewinkelt wird, der Klemmwinkel (α) in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) unabhängig von dem Gelenkwinkel (Φ) beibehalten wird, wobei der radiale Abstand in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) in Richtung des Öffnungsendes des äußeren Gelenkelements (12) erhöht wird und der Absolutwert des Klemmwinkels (α) in dem einen des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) größer ist als der Absolutwert des Klemmwinkels (β) in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt (32) in dem Referenzzustand.

2. Homokinetisches Universalgelenk (10) gemäß Anspruch 1, wobei in dem Referenzzustand der Absolutwert des Klemmwinkels (α) in dem zumindest einen ersten Nutabschnitt (30) um einen Bereich von 2 Grad bis 10 Grad größer ist als der Absolutwert des Klemmwinkels (β) in dem zumindest einen zweiten Nutabschnitt (32).

3. Homokinetisches Universalgelenk (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei jede der äußeren Laufnuten (20b) des zumindest einen zweiten Nutabschnitts (32) einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse (S1) des äußeren Gelenkelements (12) enthält, und wobei jede der inneren Laufnuten (22b) des zumindest einen zweiten Nutabschnitts (32) einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse (S2) des inneren Gelenkelements (14) enthält.

4. Homokinetisches Universalgelenk (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei jede der äußeren Laufnuten (20a, 20b) des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) und des zumindest einen zweiten Nutabschnitts (32) einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt (40, 50) hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse (S1) des äußeren Gelenkelements (12) enthält, wobei der äußere Kontaktpunkt in dem geraden Abschnitt des Bodens jeder der äußeren Laufnuten (20a, 20b) liegt, zumindest wenn der Gelenkwinkel (Φ) nicht größer als 5 Grad ist, wobei jede der inneren Laufnuten (22a, 22b) des zumindest einen ersten Nutabschnitts (30) und des zumindest einen zweiten Nutabschnitts (32) einen Boden hat, der einen geraden Abschnitt (40, 50) hat, der durch eine Gerade in einem Querschnitt definiert ist, der die Mittelachse (S2) des inneren Gelenkelements (14) enthält, und wobei der innere Kontaktpunkt in dem geraden Abschnitt des Bodens jeder der inneren Laufnuten (22a, 22b) liegt, zumindest wenn der Gelenkwinkel (Φ) nicht größer als 5 Grad ist.

5. Homokinetisches Universalgelenk (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Gesamtzahl der Nutabschnitte (30, 32) sechs oder zehn beträgt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

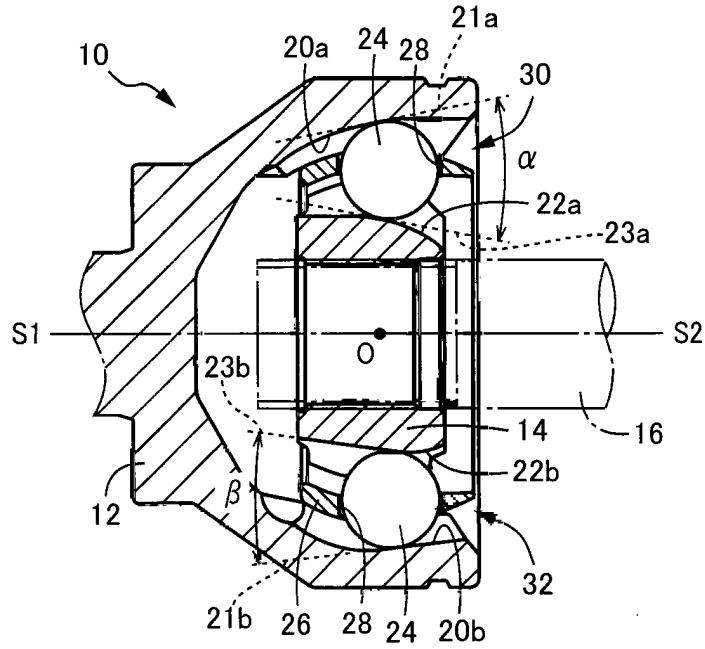


FIG. 2

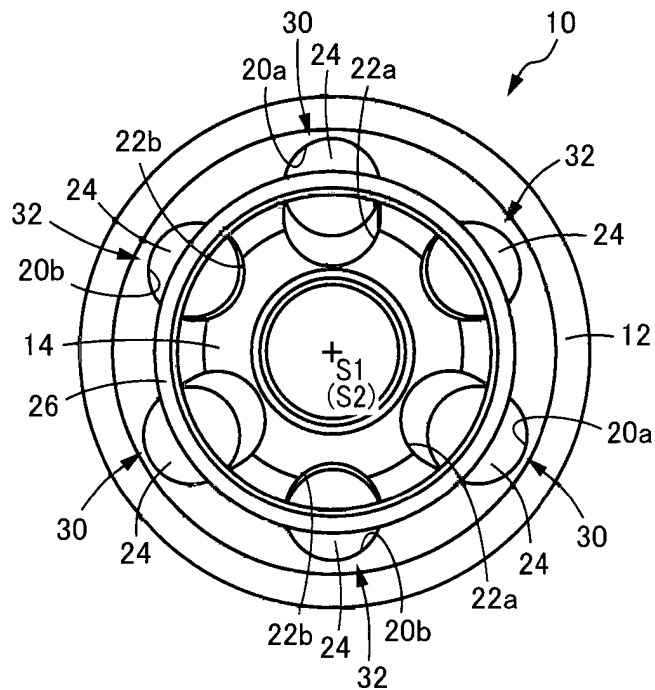


FIG.3

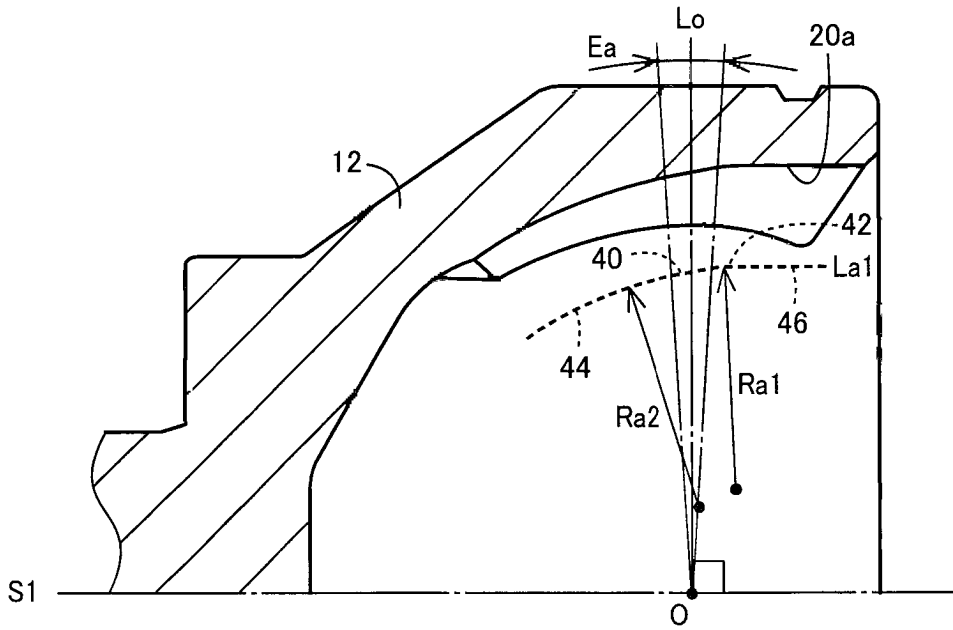


FIG.4

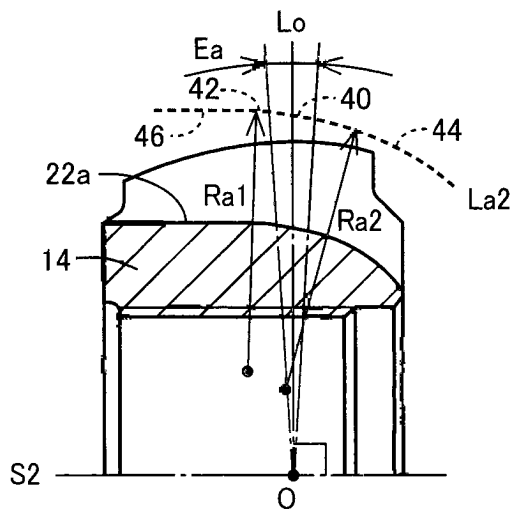


FIG.5

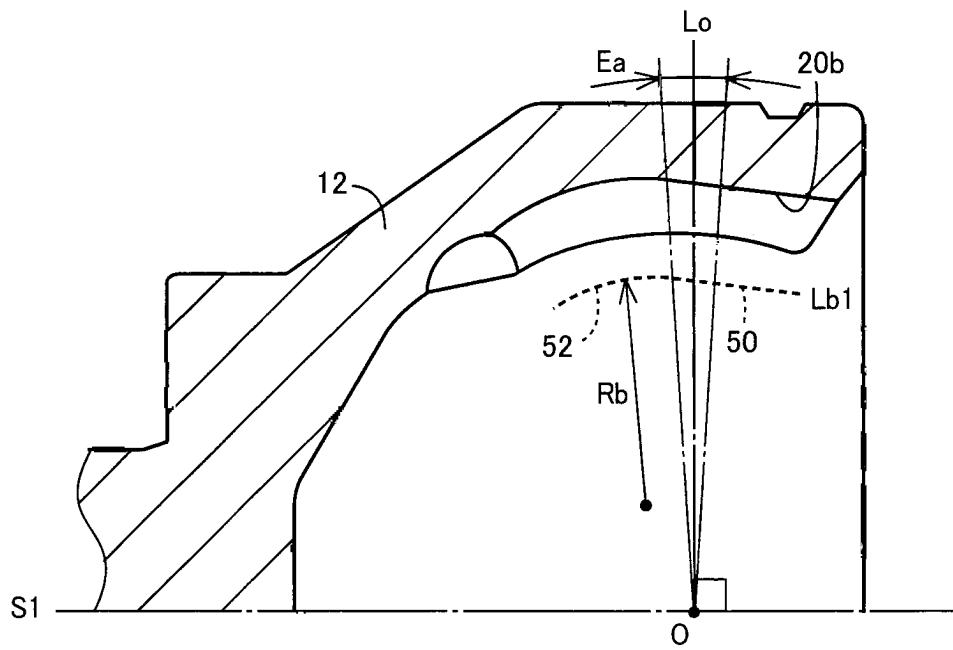


FIG.6

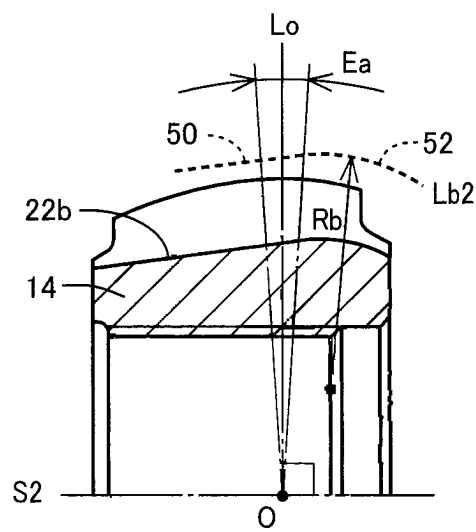


FIG.7

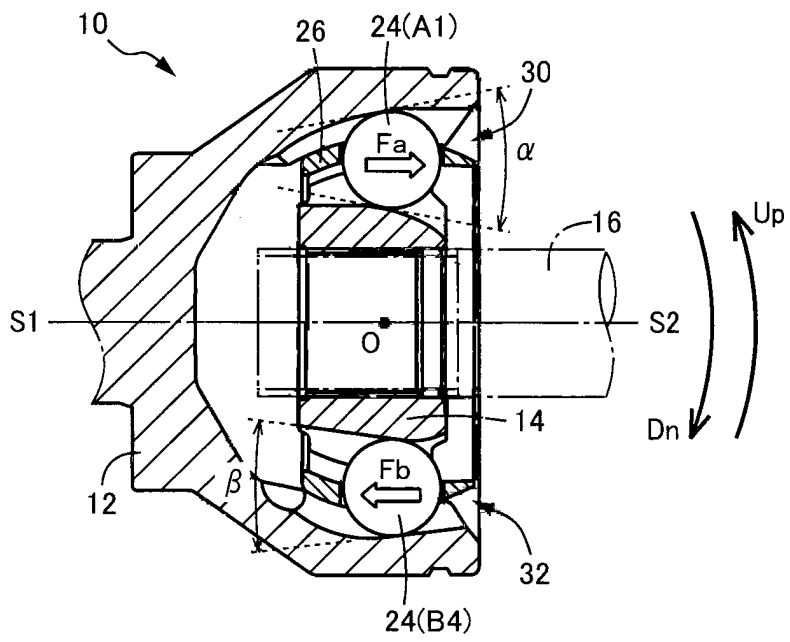


FIG.8

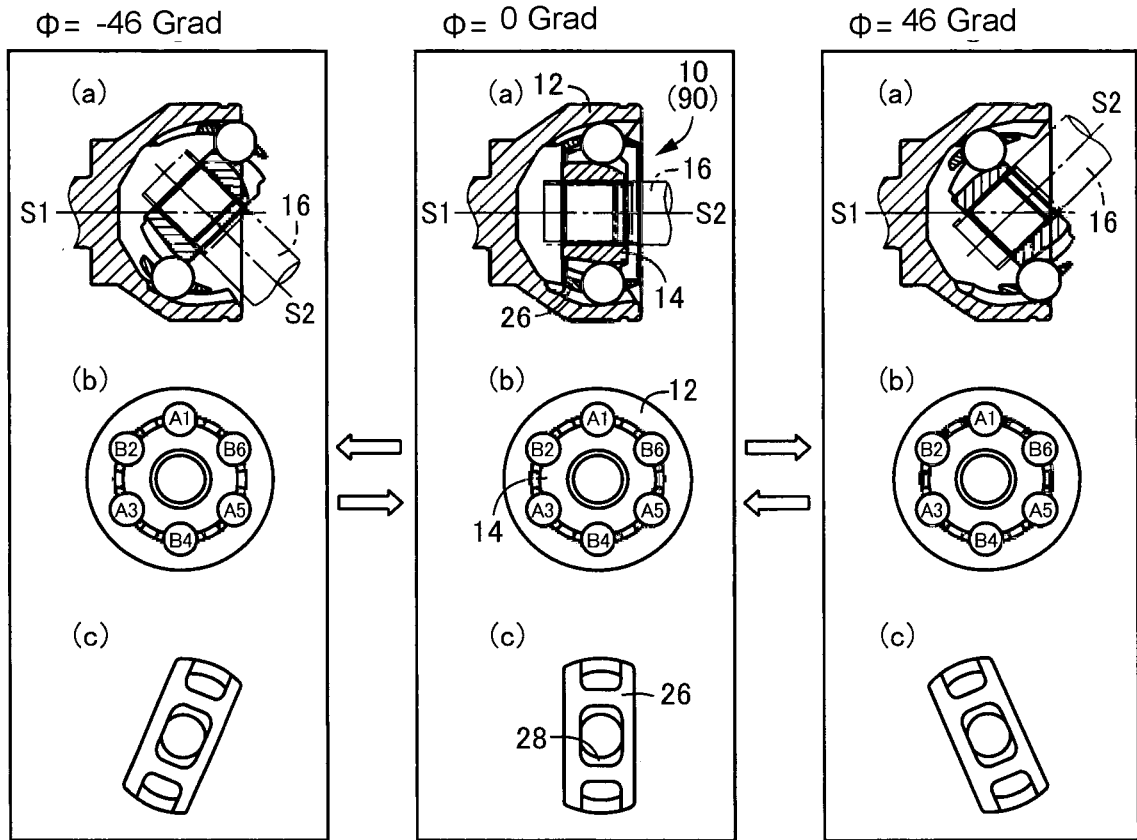


FIG.9

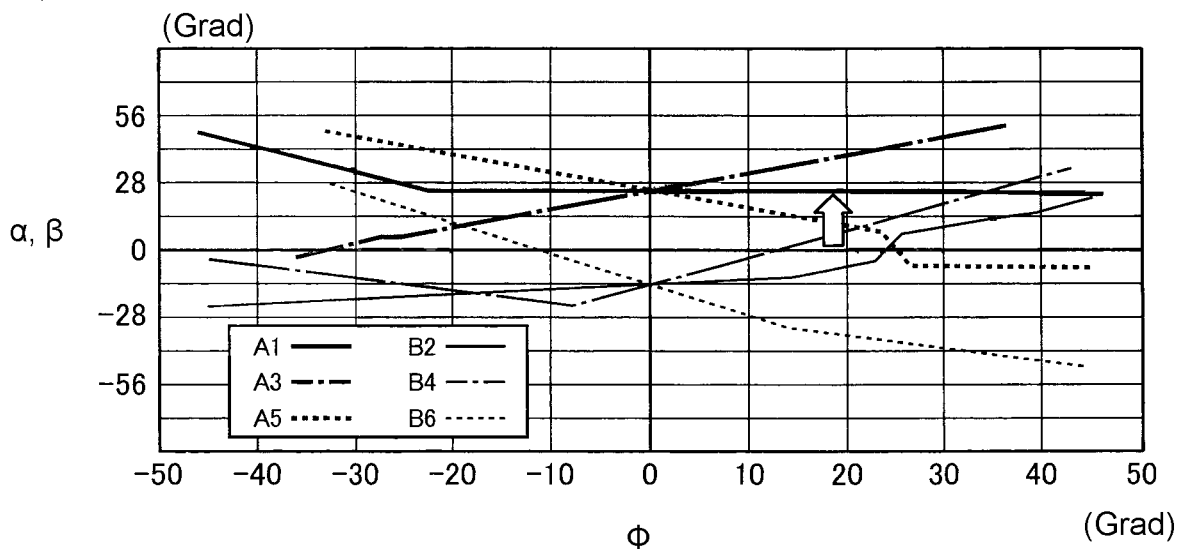


FIG.10

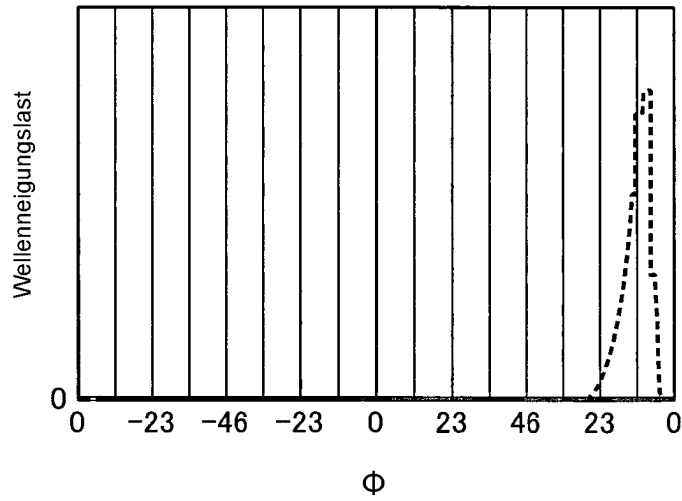


FIG.11

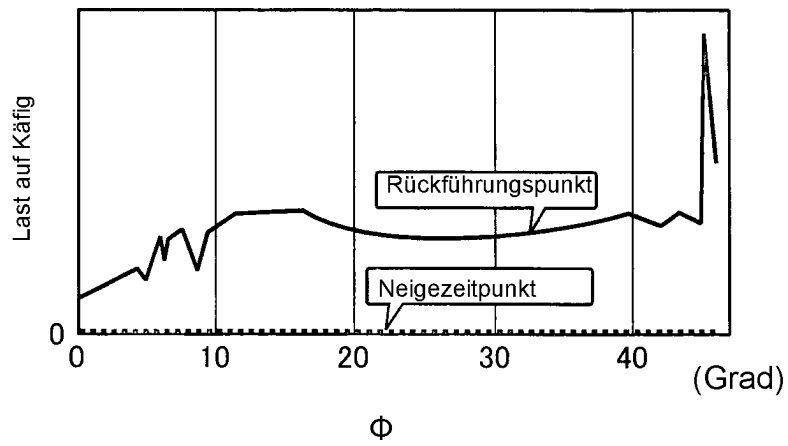


FIG.12

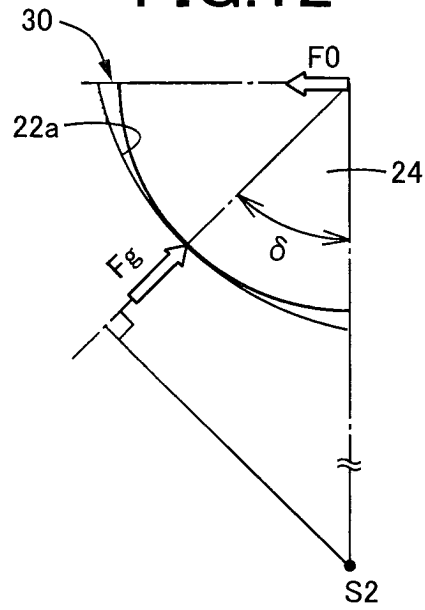


FIG.13

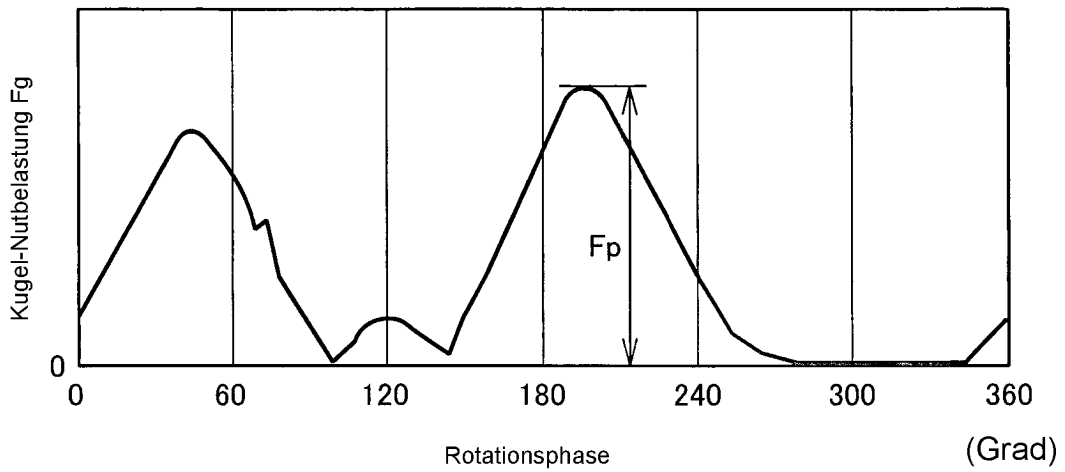


FIG.14

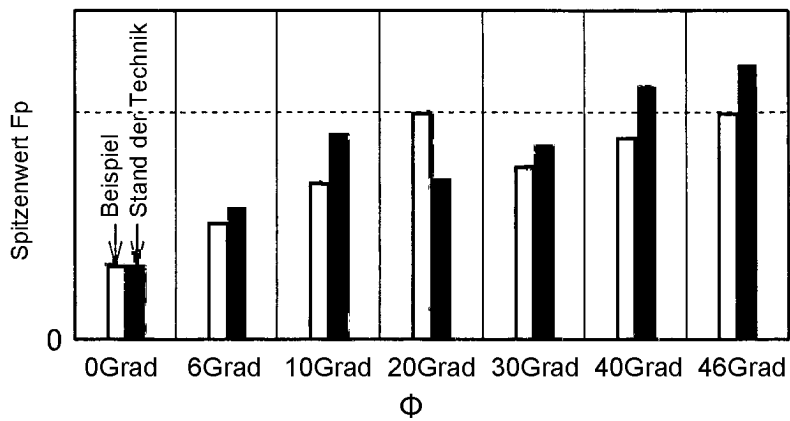


FIG.16

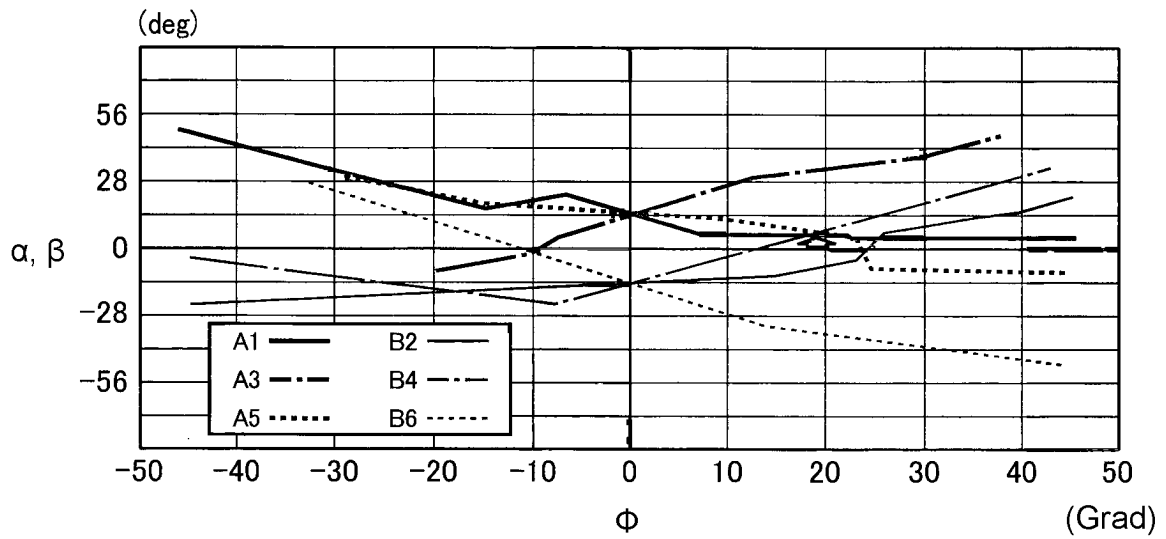


FIG.17

