



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **101 97 231.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP01/10786**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/050436**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.12.2001**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.06.2003**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **22.04.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.02.2015**

(51) Int Cl.: **F16H 7/08 (2006.01)**
F02B 67/06 (2006.01)

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).

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

(72) Erfinder:
**Yamamoto, Ken, Iwata, Shizuoka, JP; Maeno, Eiji,
Iwata, Shizuoka, JP**

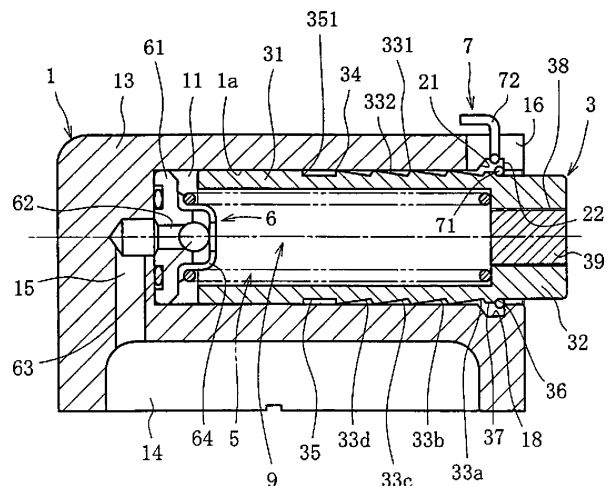
(74) Vertreter:
**Patentanwälte Eder & Schieschke, 80796
München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Kettenspannvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Kettenspannvorrichtung, mit einem rohrförmigen Gehäuse (1) mit einem Boden (13) und einer Einkerbung (16) an einem offenen Ende, mit einem Kolben (3), der eine Vielzahl von Einrastkerben (33a–33d) am Außenumfang aufweist und in dem Innenumfang des Gehäuses installiert ist, mit einer Rückstellfeder (5), welche den Kolben (3) mit einer nach außen drückenden Kraft beaufschlagt, mit einem Anschlagring (7), der zwischen dem Innenumfang des Gehäuses und dem Außenumfang des Kolbens (3) installiert ist, mit einem Ringelement (71), das in einer Führungsnut (18) in axialer Richtung gleitbar ist und mit einem Betätigungselement (72) zur radialen Expansion des Ringelements (71), mit einem ersten Stopper (21), welcher die Rückwärtsbewegung des Anschlagrings (7) relativ zum Gehäuse (1) durch die Festlegung des Anschlagrings (7) in der Führungsnut (18) begrenzt und mit einem zweiten Stopper (22) mit einem kleineren inneren Durchmesser als der äußere Durchmesser des Anschlagrings (7) zur Begrenzung der Vorwärtsbewegung des Anschlagrings (7) relativ zu dem Gehäuse (1), wobei der Anschlagring (7) in der Führungsnut (18) arretiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass die ringförmige Führungsnut (18), in welcher das Ringelement (71) des Anschlagrings (7) gelagert ist, nahe des offenen Endes in den Innenumfang des Gehäuses (1) eingeformt ist und in die Einkerbung (16) übergeht, dass der zweite, als Stoppfläche gestaltete Stopper (22) einstückig mit dem Gehäuse an einer Wandseite der Führungsnut (18) auf der dem Boden (13) abgewandten Seite

des ersten Stoppers im offenen Endbereich des Gehäuses (1) ausgebildet ist, dass das Ringelement (71) des Anschlagrings (7) in die Führungsnut (18) einsetzbar ist durch das Einbringen des Betätigungselements (72) in die Einkerbung (16) des Gehäuses (1) in einem Zustand, in welchem der Anschlagring (7) gegen die Axialachse des Gehäuses (1) geneigt und danach die Neigung des Anschlagrings (7) aufhebbar ist und dass die Oberfläche der Einrastkerben (33a–33d) durch Walzen herstellbar ist mit einer Oberflächenrauigkeit der mit dem Anschlagring (7) zusammenwirkenden Gleitflächen bei einem Wert von R_{\max} 6,3 μm oder kleiner.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	195 38 401	A1
US	5 967 920	A
US	5 931 754	A
WO	2003/ 038 306	A1
JP	H03- 10 819	B2
JP	H09- 512 884	A
JP	2001- 146 946	A

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kettenspannvorrichtung, welche die Spannung von Ketten, zum Beispiel einer Kette zum Antreiben einer Nockenwelle, konstant hält.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Im allgemeinen weisen Kettenantriebssysteme, wie z. B. ein Kettenantriebssystem zur Übertragung von Drehkraft einer Kurbelwelle zu einer Nockenwelle in einem Automotor, an ihrer Schlaffseite eine Kettenspannvorrichtung auf, mit der die Kettenspannung konstant gehalten werden kann.

[0003] Ein derartiger Mechanismus einer herkömmlichen Kettenspannvorrichtung ist bekannt, welcher eine Feder und einen Kolben in einem Gehäuse aufweist, wobei die Feder den Kolben mit einer Rückstoßkraft aus dem Gehäuse heraus versieht. Bei der Kettenspannvorrichtung der genannten Art verschafft der durch die Feder geschobene Kolben der Kette eine Spannung, indem er die Kette schiebt, während die Kettenspannung konstant gehalten wird, indem die dem Kolben über die Kette zugeführte Schubkraft mittels eines hydraulischen Drucks in einer hinter dem Kolben ausgebildeten hydraulischen Dämpfungskammer ausgeglichen wird.

[0004] Wenn bei dieser Kettenspannvorrichtung die Kette je nach Haltestellung während eines Stillstands des Motors gespannt gehalten wird, kann der durch die Kette geschobene Kolben stark absinken. Wird der Motor in diesem Moment erneut gestartet, entspannt sich die Kette plötzlich und der Kolben bewegt sich mit einem großen Hub nach außen. Dann gibt die Hydraulikpumpe, die hydraulischen Druck an die hydraulische Dämpfungskammer liefert, nur eine geringe Menge Öl ab, da sie sich in einem Zustand unmittelbar nach dem Einschalten befindet. Eine derartige ungenügende Ölzufuhr zur hydraulischen Dämpfungskammer kann bewirken, dass Luft in die hydraulische Dämpfungskammer einbricht und zu außergewöhnlichem Lärm führt, wodurch die Dämpfungseigenschaft eingeschränkt wird.

[0005] Zur Lösung dieser Probleme sind mehrere Kettenspannvorrichtungen geschaffen worden, bei denen die Rückwärtsbewegung des Kolbens begrenzt ist, so z. B. in der JP H03-10819 B2, der JP H09-512 884 A und in der US 5 931 754 A.

[0006] Die in der JP H03-10819 B2 offenbarte Erfindung weist jedoch folgende Nachteile auf:

① Diese Erfindung weist an der inneren Umfangsfläche des Gehäuses eine Einrastkerbe auf und grenzt die Rückwärtsbewegung des aufnehmenden Kolbens ein, indem ein in der Einrastkerbe eingerasteter Anschlagring in die äußere Umfangsfläche des aufnehmenden Kolbens eingreift. Da die Einrastkerbe jedoch an der inneren Umfangsfläche des zylindrischen Gehäuses ausgebildet ist, kann die maschinelle Bearbeitung der Einrastkerbe mit hoher Genauigkeit schwer durchgeführt werden, so dass hohe Herstellungskosten entstehen.

② Die gesamte Einheit ist in axialer Richtung groß, da hinter dem aufnehmenden Kolben ein Federelement angeordnet ist, gefolgt von einem Rückschlagventil, und der aufnehmende Kolben massiv konstruiert ist.

③ Der Anschlagring kann nicht direkt von außen erreicht werden und wird nur durch die Bewegung des aufnehmenden Kolbens in axialer Richtung radial erweitert. Daher ist eine komplexe und hochpräzise Bearbeitung der Kerbe für den Kolben und das Gehäuse erforderlich, damit der aufnehmende Kolben nicht durch den Anschlagring blockiert wird, wenn der aufnehmende Kolben während der Montage in das Gehäuse eingeführt wird.

④ Zugehörige Mechanismen und Werkzeuge wie z. B. eine Einkerbung und ein Montagering sind erforderlich, um den vor der Montage ursprünglich eingestellten Zustand (den Zustand, bei dem der Kolben am tiefsten in das Gehäuse geschoben worden ist: siehe Fig. 2 der vorliegenden Patentveröffentlichung) aufrecht erhalten zu können. Folglich sind mehr Bauteile und Verfahrensschritte erforderlich.

⑤ Der Kolben lässt sich nur schwer vom Gehäuse trennen, da der Anschlagring von außen nicht betätigt werden kann. Dadurch wird die Wartung und dergl. erschwert.

[0007] Die in der JP H09-512 884 offengelegte Erfindung basiert auf einem technologischen Konzept, das dem in der vorgenannten JP H03-10819 B2 offengelegten ähnelt und somit ähnliche Probleme aufweist. Diese Erfindung soll das unter **④** genannte Problem lösen, indem der ursprünglich eingestellte Zustand mit einem Einzelringelement realisiert wird. Diese Verbesserung führt jedoch zu einer komplexeren Struktur der Nut bzw. Einkerbung.

[0008] Andererseits sind gemäß US 5 931 754 A die Einrastkerben, in die eine Klammer eingerastet ist, an der äußeren Umfangsfläche des Kolbens ausgebildet. Eine derartige Konstruktion benötigt jedoch in axialer Richtung viel Platz, da die Einrastkerben in axialer Richtung von der Feder entfernt angeordnet sind und der Kolben nicht hohl ist. Darüber hinaus wird bei dieser Erfindung statt des Ringelements eine zweiarmige, U-förmige Klammer für die Begren-

zung der Rückwärtsbewegung des Kolbens verwendet. Diese Klammer kann erst dann in das Gehäuse eingesetzt werden, wenn der Kolben während der Montage in das Gehäuse eingesetzt worden ist und muss daher zwischen dem Innenumfang des Gehäuses und dem Außenumfang des Kolbens eingeführt werden, nachdem der Kolben eingesetzt worden ist. Folglich muss der Innendurchmesser der Gehäuseöffnung größer sein, als der Außendurchmesser der Klammer. In diesem Fall muss ein weiteres Ringelement (zweiter Anschlagring) in die Gehäuseöffnung eingebaut werden, um ein Lösen der Klammer zu verhindern. Somit ist die Anzahl der erforderlichen Bauteile groß. Die Anzahl von Bauteilen und Verfahrensschritten erhöht sich auch, da zugehörige Elemente (wie z. B. ein Anschlagbolzen) und Einkerbungen erforderlich sind, um den ursprünglich vor der Montage eingestellten Zustand aufrecht erhalten zu können.

[0009] Aus der JP 2001 146 946 A ist ein Kettenspanner bekannt, mit einem röhrenförmigen Gehäuse mit einem Boden, einem im Gehäuse installierten Kolben, einer Rückstellfeder, die in einen hohlen Bereich des Kolbens eingeführt ist und mit mehreren Einrastkerben an einem Außenumfang des Kolbens sowie einem Anschlagring, der in die Einrastkerben einrasten kann und einem ersten Stopper, der die Bewegung des Kolbens einschränkt, indem der Anschlagring in die Einrastkerben eingreift.

[0010] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Kettenspanvorrichtung zu schaffen, die kompakt, leicht zu betreiben, zu warten und zu bedienen und zu niedrigen Kosten herzustellen ist, um die vorgenannten Probleme nach dem Stand der Technik lösen zu können.

[0011] Bei beiden Erfindungen nach der JP H03-10819 B2 und der JP H09-512 884 A ist die Einrastkerbe an der inneren Umfangsfläche des Gehäuses ausgebildet, und die Rückwärtsbewegung des aufnehmenden Kolbens wird begrenzt, indem der in der Einrastkerbe eingerasteter Anschlagring in die äußere Umfangsfläche des Kolbens eingreift.

[0012] Bei der Kettenspanvorrichtung der genannten Art gleitet der Anschlagring auf der Oberfläche der Einrastkerbe vor und zurück, wenn sich der Kolben hin- und herbewegt, während der Motor läuft. Die Oberfläche der Einrastkerbe muss mit hoher Präzision bearbeitet werden, damit Gleitwiderstand und Abrieb gering gehalten werden können. Herkömmlicherweise erfolgt die Oberflächenbehandlung durch Schleifen.

[0013] Da die Einrastkerbe jedoch an der inneren Umfangsfläche des Gehäuses ausgebildet ist, gibt es keine andere Möglichkeit, eine derartige Bearbeitung durchzuführen, als durch den sogenannten Profilschliff (wobei der Schleifstein in radialer Richtung

über die Fläche geschoben wird und keine Bewegung in axialer Richtung erfolgt). Das Schleifen der Einrastkerbe mit hoher Präzision zu niedrigen Kosten ist somit sehr schwierig.

[0014] Bei der Kettenspanvorrichtung der genannten Art gleitet der Anschlagring auf der Oberfläche der Einrastkerbe vor und zurück, wenn sich der Kolben hin- und herbewegt, während der Motor läuft. Mit anwachsendem Gleitwiderstand kann sich der Kolben nicht mehr leicht vor- oder zurückbewegen, wodurch sich das Ansprechvermögen, die Stabilität und Zuverlässigkeit der Kettenspanvorrichtung verringert, was wiederum die Haltbarkeit des Anschlagrings beeinflusst.

[0015] Es ist daher eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die vorgenannte Einrastkerbe mit hoher Präzision und zu niedrigen Kosten herzustellen und eine Kettenspanvorrichtung guten Ansprechvermögens, guter Stabilität und Zuverlässigkeit zu schaffen, indem der Gleitwiderstand zwischen Kolben und Anschlagring während der Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Kolbens reduziert wird.

OFFENLEGUNG DER ERFINDUNG

[0016] Die vorgenannten Aufgaben werden erreicht, indem die erfindungsgemäße Kettenspanvorrichtung ein röhrenförmiges Gehäuse mit einem Boden, einen Kolben, der so im Gehäuse installiert ist, dass er glatt darin gleitet und der einen hohlen Bereich aufweist, eine Rückstellfeder, die in den hohlen Bereich des Kolbens eingeführt ist und den Kolben mit einer nach außen drückenden Kraft versieht, mehrere Einrastkerben, die an einem Außenumfang des Kolbens einschließlich eines Außenumfangs des hohlen Bereichs ausgebildet sind, einen Anschlagring, der in die Einrastkerben einrasten kann, sowie einen ersten Stopper aufweist, der an einem Innenumfang des Gehäuses ausgebildet ist und die Rückwärtsbewegung des Kolbens begrenzt, indem der in der Einrastkerbe eingerastete Anschlagring darin eingreift.

[0017] Die erfindungsgemäße Kettenspanvorrichtung weist einen hohlen Kolben auf, der als Reaktion auf den losen und gespannten Zustand der Kette vor- und zurückgleitet und in dem hohlen Bereich eine Feder aufweist. Dadurch kann die Größe der gesamten Einheit in axialer Richtung um den Einschub der Feder verkürzt werden, wodurch das System in axialer Richtung kompakter wird als es bei den herkömmlichen der Fall ist. Auch sind mehrere Einrastkerben am Außenumfang des Kolbens einschließlich des Außenumfangs des hohlen Bereichs ausgebildet, und der Bereich mit den Einrastkerben überlappt den Bereich axial, in dem eine Rückstellfeder installiert ist. Dadurch wird die Größe der Kettenspanvorrichtung in axialer Richtung kompakter als eine herkömmliche, bei der diese Bereiche in axialer Rich-

tung separat voneinander ausgebildet sind. Vorzugsweise sollten sämtliche Einrastkerben am Außenumfang des hohlen Bereichs ausgebildet sein, um dadurch Kompaktheit erreichen zu können; eine zufriedenstellende Wirkung kann jedoch erreicht werden, wenn wenigstens eine Eingriffskerbe am Außenumfang des hohlen Bereichs ausgebildet ist.

[0018] Ferner umfasst die erfindungsgemäße Kettenspannvorrichtung ein röhrenförmiges Gehäuse mit einem Boden, einen Kolben, der in einem Innenumfang des Gehäuses so installiert ist, dass er glatt darin gleiten kann, eine Rückstellfeder, die den Kolben mit einer nach außen drückenden Kraft versieht, einen Anschlagring, der zwischen einem Innenumfang des Gehäuses und dem Außenumfang des Kolbens angeordnet ist, und eine Einrastkerbe und einen ersten Stopper, die jeweils in den Anschlagring eingreifen können und die Rückwärtsbewegung des Kolbens einschränken, indem die Einrastkerbe durch den Anschlagring in den ersten Stopper eingreift, wobei die Einrastkerbe am Außenumfang des Kolbens ausgebildet ist und eine Fläche der Einrastkerbe durch plastische Bearbeitung erstellt worden ist. Wenn die Einrastkerbe am Kolben ausgebildet ist, wird der erste Stopper am Innenumfang des Gehäuses ausgebildet.

[0019] Da die Einrastkerbe am Außenumfang des Kolbens ausgebildet ist, können die Einrastkerben durch sogenannte plastische Bearbeitung fertig bearbeitet werden, wobei das Material nicht geschliffen, sondern ohne Spanabnahme plastisch verformt wird. Dadurch kann zu niedrigen Kosten eine präzise Oberflächenrauigkeit der Einrastkerbe erzielt werden.

[0020] Die plastisch bearbeitete Oberfläche kann z. B. durch Walzen erzielt werden. Walzen ermöglicht eine für die Einrastkerben erforderliche Oberflächenrauigkeit zu niedrigen Kosten (z. B. $R_{max} \leq 6,3$, vorzugsweise $R_{max} \leq 3,2$), wodurch eher eine ausgezeichnete Rauheit gewährleistet werden kann als durch herkömmliches Schleifen.

[0021] Die Kettenspannvorrichtung nach der vorliegenden Erfindung umfasst ein röhrenförmiges Gehäuse mit einem Boden, einen Kolben, der in einem Innenumfang des Gehäuses so installiert ist, dass er glatt darin gleiten kann, eine Rückstellfeder, die den Kolben mit einer nach außen drückenden Kraft versieht, einen Anschlagring, der zwischen dem Innenumfang des Gehäuses und einem Außenumfang des Kolbens installiert ist, und eine Einrastkerbe und einen ersten Stopper, die jeweils in den Anschlagring eingreifen können und die Rückwärtsbewegung des Kolbens einschränken, indem die Einrastkerbe durch den Anschlagring in den ersten Stopper eingreift, wobei die Einrastkerbe, die an ihrem hinteren Ende eine konische Fläche aufweist, am Außenumfang des Kolbens ausgebildet ist und ein spitzer Winkel der ko-

nischen Fläche gegen die Axiallinie des Kolbens wenigstens 8 Grad und nicht mehr als 20 Grad beträgt.

[0022] Da das hintere Ende der Einrastkerbe konisch ist, kann sich der auf die konische Fläche geführte Anschlagring radial gleichmäßig vergrößern, der Kolben bewegt sich ruhig vor und zurück, und das Ansprechvermögen und die Betriebsstabilität der Kettenspannvorrichtung werden erhöht. Beträgt der spitze Winkel dieser konischen Fläche weniger als 8 Grad, kann die Präzision der Bearbeitung während der Bearbeitung der Einrastkerbe nachlassen und sich der Rückhub des Kolbens vergrößern, sobald der Motor ausgeht. Zwischenzeitlich kann, wenn der spitze Winkel mehr als 20 Grad beträgt, der Kolben aufgrund des erhöhten Gleitwiderstandes nicht glatt hin- und hergleiten. Diese möglichen Probleme können vermieden werden, wenn sich der spitze Winkel innerhalb des vorstehend genannten Bereiches befindet.

[0023] Die erfindungsgemäße Kettenspannvorrichtung umfasst ferner ein röhrenförmiges Gehäuse mit einem Boden, einen Kolben, der in einem Innenumfang des Gehäuses so installiert ist, dass er glatt darin gleiten kann, eine Rückstellfeder, die den Kolben mit einer nach außen drückenden Kraft versieht, einen Anschlagring, der zwischen dem Innenumfang des Gehäuses und einem Außenumfang des Kolbens angeordnet ist, und eine Einrastkerbe und einen ersten Stopper, die jeweils in den Anschlagring eingreifen können und die Rückwärtsbewegung des Kolbens einschränken, indem die Einrastkerbe durch den Anschlagring in den ersten Stopper eingreift, wobei die Einrastkerbe am Außenumfang des Kolbens ausgebildet ist und die Oberflächenrauigkeit R_{max} einer Gleitfläche der Außenfläche des Kolbens, auf den der Anschlagring gleitet, nicht mehr als $6,3 \mu\text{m}$ beträgt.

[0024] Beträgt die Oberflächenrauigkeit R_{max} der Gleitfläche, auf welcher der Anschlagring gleitet, $6,3 \mu\text{m}$ oder weniger, vorzugsweise $3,2 \mu\text{m}$ oder weniger, verringert sich der Gleitwiderstand in ausreichendem Maße, während der Anschlagring während der Vor- und Rückbewegung des Kolbens auf der Gleitfläche gleitet. Ansprechvermögen und Stabilität der Kettenspannvorrichtung verbessern sich mit der glatten Vor- und Rückbewegung des Kolbens. Es ist bekannt, dass der Abrieb im Verhältnis zur Oberflächenrauigkeit ansteigt. Daher besteht die Gefahr, dass der Anschlagring bei zu großer Oberflächenrauigkeit aufgrund des Abriebs beschädigt wird. Wenn sich jedoch die Oberflächenrauigkeit der Gleitfläche jedoch innerhalb des vorgenannten Bereichs befindet, verringert sich die Reibungskraft so weit, dass ein Abrieb des Anschlagrings und eine Beschädigung des Anschlagrings über einen langen Zeitraum hinweg verhindert werden kann.

[0025] Die Gleitfläche kann durch Walzen erstellt werden. Durch Walzen kann sogar zu niedrigen Kosten eine Oberflächenrauigkeit von $R_{\max} \leq 3,2$ erreicht werden, was durch Schleifen nur schwer möglich ist, und eine präzisere Oberflächenrauigkeit garantiert werden, als es durch Schleifen erreicht werden kann.

[0026] Die vorgenannte Gleitfläche kann entweder in einer in der Einrastkerbe befindlichen Form oder separat von der Einrastkerbe gebildet werden.

[0027] Befindet sich zum Beispiel die Gleitfläche in der Einrastkerbe, kann die konische, als Gleitfläche dienende Fläche auf der Einrastkerbe an deren hinterem Ende ausgebildet sein. Da sich der auf der konischen Fläche geführte Anschlagring gleichmäßig radial ausdehnt und zusammenzieht, bewegt sich der Kolben glatt nach vorn und nach hinten und Ansprechvermögen und Stabilität der Kettenspannvorrichtung vergrößern sich.

[0028] Ist in der Kettenspannvorrichtung ein Rückschlagventil angeordnet, das ein Arbeitsfluid in einen Zwischenraum zwischen dem Gehäuseboden und dem Kolben abgibt und dessen Rückfluss verhindert, so wird eine Dämpfungskammer gebildet, welche das Arbeitsfluid in dem Zwischenraum hält, und die Bewegung des Kolbens kann gedämpft werden, wenn er sich als Reaktion auf den gespannten und entspannten Zustand der Kette schnell hin- und herbewegt.

[0029] Bei jeder Konstruktion der vorgenannten Beispiele kann, wenn ein Ringelement und ein Betätigungselement zur radialen Vergrößerung des Ringelements im Anschlagring vorgesehen sind, der Anschlagring ungeachtet der Kolbenbewegung in axialer Richtung vergrößert werden und zwischen den Betriebszuständen der Kettenspannvorrichtung (wie z. B. Ausgangsstellung, Beschränken auf Rückwärtsbewegung und Verhindern des vollständigen Herausziehens) glatt und leicht umgeschaltet werden. In diesem Fall kann der Bediener, wenn das Betätigungselement installiert worden ist, so dass er durch eine Einkerbung im Gehäuse von außerhalb des Gehäuses betätigt werden kann, den Anschlagring manuell (oder unter Zuhilfenahme eines Werkzeugs) vergrößern, wodurch die Kettenspannvorrichtung noch leichter zu bedienen ist.

[0030] In diesem Fall ist eine Überkreuzung im Anschlagring vorgesehen, so dass die radiale Vergrößerung des Anschlagrings erleichtert wird.

[0031] Die Einkerbung ist so ausgebildet, dass ihr axiales Ende nicht mit dem Anschlagring in Verbindung steht, wenn der in der Einrastkerbe eingerastete Anschlagring in den ersten Stopper eingreift. Dadurch kann eine Verformung des Anschlagrings verhindert werden, da er keine von einem Aufprall zwi-

schen Gehäuse und Kolben während der Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Anschlagrings zusammen mit der Hin- und Herbewegung des Kolbens hervorgerufenen Stöße empfangen hat.

[0032] Wenn ein zweiter Stopper, der in den Anschlagring eingreifen kann, auf der dem Gehäuseboden abgewandten Seite des ersten Stoppers („vor dem Stopper“) auf dem inneren Umfang des Gehäuses vorgesehen ist und in den Anschlagring eingreift, kann verhindert werden, dass der Kolben aufgrund der Rückstellfederkraft herausspringt. Wenn dieser zweite Stopper mit dem Gehäuse einstückig ist, kann dadurch die Anzahl der Bauteile reduziert werden. Zu beachten ist, dass sich in diesem Fall der Begriff „vor“ auf die Richtung bezieht, in die sich der Kolben vom Gehäuse wegbewegt.

[0033] Der Innendurchmesser des zweiten Stoppers des Gehäuses kann kleiner sein als der Außendurchmesser des Anschlagrings. Folglich rutscht der Anschlagring nicht aus dem Gehäuse heraus, sondern wird vom zweiten Stopper zurückgehalten.

[0034] Ein Wulst, der über den Anschlagring in den zweiten Stopper eingreift, ist am Außenumfang des Kolbens vor der vordersten Einrastkerbe ausgebildet. Dadurch kann der Kolben in dem Zustand (Ausgangszustand) gehalten werden, in dem er tief in das Gehäuse einsinkt und kann somit während des Transports leicht gehandhabt werden. Dieser ursprünglich eingestellte Zustand kann leicht gelöst werden, indem der Anschlagring radial vergrößert wird, so dass ein Innendurchmesser des Anschlagrings größer ist als ein Außendurchmesser des Wulstes.

[0035] Eine Sicherheitswand, die über den Anschlagring in den zweiten Stopper eingreift, ist am Außenumfang des Kolbens hinter der hintersten Einrastkerbe ausgebildet. Dadurch ist sichergestellt, dass der Kolben nicht aus dem Gehäuse rutscht, wenn er von der Rückstellfeder geschoben wird. In diesem Fall kann der Kolben aus dem Gehäuse entfernt werden, indem sich der Anschlagring radial vergrößert, so dass der Außendurchmesser des Anschlagrings größer ist als der Außendurchmesser der Sicherheitswand. Somit kann die Kettenspannvorrichtung leicht abgebaut und gewartet werden. Zu beachten ist, dass sich der Begriff „hinter“ auf die Richtung bezieht, in die sich der Kolben im Gehäuse nach hinten bewegt.

[0036] Der Kolben ist mit einem Luftaustritt versehen, der zum hohlen Bereich führt. Dadurch kann die im Arbeitsfluid gemischte Luft schnell nach außen abgeführt und somit die federnde Funktion des Arbeitsfluids stabil aufrechterhalten werden.

[0037] Jede der Einrastkerben weist an ihrem hinteren Ende eine konische Fläche auf, so dass sich der auf der konischen Fläche geführte Anschlagring gleichmäßig vergrößern kann. Dadurch bewegt sich der Kolben glatt hin und her und weist eine erhöhte betriebliche Stabilität auf.

[0038] Hinter der konischen Fläche jeder Einrastkerbe ist eine zylindrische Fläche ausgebildet, welche auf die innere Umfangsfläche des Gehäuses passt. Dadurch werden die aufgrund der Hin- und Herbewegung des Kolbens hervorgerufenen Schwingungen gedämpft, und ein Austreten des Arbeitsfluids in den Zwischenraum zwischen der inneren Umfangsfläche des Gehäuses und der äußeren Umfangsfläche des Kolbens kann gleichzeitig leicht überwacht werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0039] Fig. 1A ist eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Kettenspannvorrichtung, und Fig. 1B ist eine Seitenansicht davon.

[0040] Fig. 2 ist eine Schnittansicht entlang der Linie A-A von Fig. 1A.

[0041] Fig. 3 ist eine vergrößerte Schnittansicht der vorgenannten Kettenspannvorrichtung.

[0042] Fig. 4A ist eine Draufsicht auf einen Anschlagring, Fig. 4B ist eine Vorder-Ansicht davon, und Fig. 4C ist eine Seitenansicht davon.

[0043] Fig. 5 ist eine Draufsicht auf ein Gehäuse, in das der Anschlagring gerade eingeführt wird.

[0044] Fig. 6A ist eine Schnittansicht, die den Zustand zeigt, bevor der Kolben eingeführt wird, und Fig. 6B ist eine Schnittansicht, die den Zustand zeigt, nachdem der Kolben eingeführt worden ist.

[0045] Fig. 7 ist eine Schnittansicht, die den Betriebszustand der Kettenspann-Vorrichtung zeigt.

[0046] Fig. 8 ist eine Schnittansicht der Kettenspannvorrichtung, wobei die Rückwärtsbewegung begrenzt ist.

[0047] Fig. 9 ist eine Schnittansicht der Kettenspannvorrichtung, wobei das Herausrutschen verhindert ist.

[0048] Fig. 10 ist eine Tabelle mit Versuchsergebnissen (Verhältnis zwischen spitzem Winkel und plastischer Verformbarkeit).

[0049] Fig. 11 ist ein Diagramm von Versuchsergebnissen (Verhältnis zwischen Oberflächenrauigkeit und Gleitwiderstand).

[0050] Fig. 12 ist eine Tabelle von Versuchsergebnissen (Verhältnis zwischen Oberflächenrauigkeit, Druckkraft, Abriebseigenschaft und Leistungsänderung).

BESTE ART ZUR DURCHFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0051] Nachfolgend werden nun bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anhand der Fig. 1–Fig. 12 beschrieben.

[0052] Gemäß Fig. 1 und Fig. 2 besteht eine erfindungsgemäße Kettenspannvorrichtung aus Hauptteilen wie z. B. einem Gehäuse 1, einem im Innenumfang des Gehäuses 1 angeordneten Kolben 3, einer Rückstellfeder 5, einem Rückschlag-ventil 6 und einem Anschlagring 7, der auf den Außenumfang des Kolbens 3 montiert ist. Zu beachten ist, dass in der nachfolgenden Beschreibung die Vorwärtsbewegung des Kolbens 3 mit „vor“ (rechte Seite in Fig. 1A, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 7–Fig. 9) und die Rückwärtsbewegung des Kolbens 3 mit „zurück“ (linke Seite in den gleichen Zeichnungen) bezeichnet wird.

[0053] Eine für die Aufnahme des Zylinders 3 vorgesehene Hohlzylindereinheit 11 ist im röhrenförmigen Gehäuse 1, das einen Boden 13 aufweist, ausgebildet. An beiden Seiten der Zylindereinheit 11 sind Befestigungsbereiche 12 für die Befestigung an einem Motorblock vorgesehen (siehe Fig. 1A). Eine Ölzufuhr 15 ist im Boden 13 des Gehäuses 1 ausgebildet, durch die als Arbeitsfluid dienendes Betriebsöl von einem Tank 14 zur Zylindereinheit 11 gelangt. Eine Einkerbung 16 ist in axialer Richtung am offenen Ende der inneren Umfangsfläche 1a des Gehäuses an einer Stelle entlang der Umfangsrichtung ausgeschnitten. Durch diese Einkerbung 16 ragt ein Betätigungselement 72 des Anschlagrings 7 aus dem Gehäuse 1 nach außen. In der Nähe des offenen Endes der inneren Umfangsfläche 1a des Gehäuses 1 ist eine ringförmige Führungsnut 18 ausgebildet, die fast mittig in der Kerbe 16 in axialer Richtung verläuft. Ein erster Stopper 21 und ein zweiter Stopper 22, die beide in den Anschlagring 7 eingreifen, sind an jedem Ende der Führungsnut 18 an den sich axial gegenüberliegenden Wänden ausgebildet. Die vorliegende Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei der sich die den ersten Stopper 21 an der Rückseite aufweisende Wand verjüngt, um sich zur Vorderseite hin ausdehnen zu können und bei der die den zweiten Stopper 22 an der Vorderseite aufweisende Wand fast radial verläuft. Die Führungsnut 18 ist in axialer Richtung breiter, als der Drahtdurchmesser des Ringelements 71 des Anschlagrings 7. Daher kann sich das Ringelement 71 des Anschlagrings 7 in der Führungsnut 18 sowohl nach hinten als auch nach vorn bewegen.

[0054] Der Kolben 3 ist eine zylindrische Röhre mit einem Boden und einem an seinem hinteren Ende

ausgebildeten zylindrischen Hohlbereich **31**. Im Innenumfang des Hohlbereichs **31** befindet sich die Rückstellfeder **5** in komprimiertem Zustand. Eines der Enden dieser Rückstellfeder **5** wird im Boden **32** des Kolbens **3** gehalten, während das andere Ende im Boden **13** des Gehäuses **1** gehalten wird. Dadurch erhält der Kolben **3** immer eine elastische Kraft zur Vorderseite hin, so dass er aus dem Gehäuse ragt. Eine hydraulische Dämpfungskammer **9** ist im Zwischenraum (einschließlich des Innenraums des Hohlbereichs **31**) zwischen dem Gehäuseboden **13** und dem Kolben **3** ausgebildet, genauer gesagt, in dem Bereich der Zylindereinheit **11** hinter dem Kolben **3** und dem Innenraum des Hohlbereichs **31**. Die hydraulische Dämpfungskammer **9** ist mit Betriebsöl gefüllt, das durch die Ölzufuhr **15** zugeführt wird.

[0055] An der äußeren Umfangsfläche des Hohlbereichs **31** des Kolbens **3** sind mehrere ringförmige Einrastkerben **33a–33d** axial nebeneinander in gleichen Abständen ausgebildet. Diese Ausführungsform zeigt ein Beispiel mit vier Einrastkerben **33a–33d**; wobei sie als erste Einrastkerbe **33a** bis vierte Einrastkerbe **33d** von vorne her bezeichnet sind.

[0056] Wie der vergrößerten Ansicht gemäß **Fig. 3** zu entnehmen ist, sind bei jeder der Einrastkerben **33a–33d** die in beiden axialen Seiten des Bodens jeder Kerbe vorgesehenen Wände **331**, **332** verjüngt. Der Steigungswinkel der vorderen Wand **331** (Sicherungswand) ist größer als jener der hinteren Wand **332** (konische Fläche). Die Sicherungswand **331** und die konische Fläche **332** sind über eine leichte Krümmung miteinander verbunden. Die maximale Tiefe der Einrastkerben **33a–33d** sollte 30–50% des Drahtdurchmessers des Anschlagrings **7** betragen. Liegt sie unter 30%, rutscht der Anschlagring **7** leicht aus den Einrastkerben **33a–33d** heraus, übersteigt sie 50%, ist es schwierig, den anfangs eingestellten Zustand zu lösen, was zu einem späteren Zeitpunkt noch genauer erklärt wird. Die konische Fläche **332** jeder der Einrastkerben **33a–33d** ist die Gleitfläche, auf welcher der Anschlagring **7** gleitet, was zu einem späteren Zeitpunkt erläutert wird.

[0057] Direkt neben jeder der konischen Flächen **332** ist hinter jeder der Einrastkerben **33a–33d** eine zylindrische Fläche **34** ausgebildet.

[0058] Wie vorstehend beschrieben, befindet sich die Rückstellfeder **5** bei der vorliegenden Erfindung im Hohlbereich **31**. Dadurch wird die Einheit um diese Raumersparnis in axialer Richtung kompakter. Darüber hinaus sind mehrere Einrastkerben **33a–33d** am Außenumfang des Hohlbereichs **31** vorgesehen, und der diese Einrastkerben **33a–33d** tragende Bereich überlappt den Bereich axial, in dem sich die Rückstellfeder **5** befindet. Somit kann die Kettenspannvorrichtung in axialer Richtung kürzer sein, als es bei

der herkömmlichen der Fall ist, bei der diese Bereiche in axialer Richtung separat ausgebildet sind. Bei dem Beispiel gemäß dieser Ausführungsform befinden sich sämtliche Einrastkerben **33a–33d** in der äußeren Umfangsfläche des Hohlbereichs **31**. Es ist jedoch möglich, dass zumindest einige der Einrastkerben im Außenumfang des Hohlbereichs **31** ausgebildet sind und dass die anderen Kerben in dem Bereich ausgebildet sein können (beispielsweise der äußeren Umfangsfläche des Bodens **32**), der nicht zur äußeren Umfangsfläche des Hohlbereichs **31** des Kolbens gehört. Selbst in einem derartigen Fall wird das System kompakt.

[0059] Gemäß **Fig. 2** ist eine ringförmige Sicherheitskerbe **35** an hinterster Position hinter der vierten Einrastkerbe **33d** der Einrastkerben **33a–33d** ausgebildet. Die hintere Wand dieser Sicherheitskerbe **35** ist eine Sicherheitswand **351**, die mit dem Anschlagring **7** in Eingriff gehen kann. Der Kolben **3** kann daran gehindert werden, aus dem Gehäuse herauszuspringen (Vermeiden des Herausrutschens), indem der mit der Sicherheitswand **351** in Eingriff stehende Anschlagring **7** mit dem zweiten Stopper **22** am Innenumfang **1a** des Gehäuses in Eingriff steht.

[0060] Ein ringförmiger Wulst **36** ist in vorderster Position vor der ersten Einrastkerbe **33a** der Einrastkerben **33a–33d** ausgebildet. Wie z. B. in **Fig. 3** ersichtlich, kann dieser Wulst **36** eine vordere Wand eines ringförmigen Vorsprungs **37** sein, der vor der ersten Einrastkerbe **33a** ausgebildet ist. Die Kettenspannvorrichtung wird in ihrem Ausgangszustand (siehe **Fig. 2**) gehalten, indem der mit dem Wulst **36** in Eingriff stehende Anschlagring **7** mit dem zweiten Stopper **22** an der inneren Umfangsfläche des Gehäuses in Eingriff steht.

[0061] Der Kolben **3** weist einen Luftaustritt **38** auf, durch den in der hydraulischen Dämpfungskammer **9** eingeschlossene Luft aus dem Gehäuse austreten kann. Dieser Luftaustritt **38** führt zum Innenumfang des Hohlbereichs **31**, der beispielsweise im Boden **32** am vorderen Ende des Kolbens **3** ausgebildet ist. Der in der Zeichnung dargestellte Luftaustritt **38** ist durch Schneiden eines Schraubloches mit Innengewinde in axialer Richtung im Boden **32** und Eindrücken eines Schafts **39** in dieses Schraubloch gebildet worden. Da in diesem Fall der Luftaustritt **38** zu einem Spiralloch entlang des Schraublochs mit Innengewinde wird, ist die Gesamtlänge dieses Lochs im Vergleich zu seinem Durchmesser recht groß. Dadurch kann Austreten von Betriebsöl verhindert und die eingeschlossene Luft leicht aus dem Gehäuse herausgeführt werden. Die vorstehend beschriebene Konstruktion des Luftaustritts **38** soll nur ein Beispiel sein und kann bei ähnlicher Funktionsweise anders aufgebaut sein.

[0062] Das Rückschlagventil **6** befindet sich im Boden des Gehäuses **1**, genauer gesagt direkt neben dem Boden **13** der Zylindereinheit **11**. Dieses Rückschlagventil **6** besteht z. B. aus einem Ventilsitz **61**, einem Ventil **63** (z. B. einem Kugelventil), das eine im Ventilsitz **61** sitzende Ventilöffnung **62** öffnet und schließt, und eine Rückhaltevorrichtung **64**, welche den Grad des Öffnens/Schließens des Ventils **63** steuert. Das Rückschlagventil **6** arbeitet so, dass es die Ventilöffnung **62** dann öffnet, wenn der Druck an der Seite der Ölzufuhr **15** stärker wird, als der in der hydraulischen Dämpfungskammer **9**, um Betriebsöl durch die Ölzufuhr **15** zur hydraulischen Dämpfungskammer **9** leiten zu können, wohingegen es die Ventilöffnung **62** schließt, wenn der Druck der hydraulischen Dämpfungskammer **9** stärker wird, als jener der Ölzufuhr **15**, um einen Rückfluss des Betriebsöls von der hydraulischen Dämpfungskammer **9** zur Ölzufuhr **15** verhindern zu können.

[0063] Nach den Fig. 4A–Fig. 4C besteht der Anschlagring **7** aus einem aus einem vollständig geschlossenem Ring bestehenden Ringelement **71** und einem Betätigungselement **72**, durch welches das Ringelement **71** radial vergrößert werden kann. Diese Ausführungsform zeigt ein Beispiel eines Anschlagrings **7**, bei dem das Ringelement **71** durch Biegen eines Drahtes und das Betätigungselement **72** durch Überkreuzen der beiden Drahtenden gebildet ist. Bei diesem Anschlagring **7** kann das Ringelement **71** radial vergrößert werden, indem der Abstand in Umfangsrichtung zwischen seinen Enden über die Überkreuzung verkürzt wird. In diesem Fall kann der Ringdurchmesser leichter vergrößert werden, wenn beide Enden des Betätigungselements **72** in axialer Richtung abgelenkt sind.

[0064] Der Anschlagring **7** ist so ausgebildet, dass in seinem natürlichen Zustand (ohne Vergrößerung) der Innendurchmesser des Ringelements **71** kleiner ist als der Innendurchmesser des offenen Endes der inneren Umfangsfläche **1a** des Gehäuses (der Innendurchmesser des zweiten Stoppers **22**), und dass gleichzeitig der Außendurchmesser des Ringelements **71** größer ist als der Innendurchmesser des offenen Endes. Da das Gehäuse **1** eine Einkerbung **16** aufweist, kann sogar der Anschlagring **7**, dessen Außendurchmesser größer ist als der Innendurchmesser des inneren Gehäuseumfangs, leicht im Gehäuse **1** installiert werden, indem der Anschlagring **7** während des Einführens gekippt gehalten wird (Erklärung folgt zu einem späteren Zeitpunkt). Dadurch kann das Element (bei dieser Ausführungsform der zweite Stopper **22**), das ein Herausrutschen des Anschlagrings **7** verhindert, mit dem Gehäuse **1** einstückig hergestellt sein. Somit kann durch diesen Mechanismus die Anzahl erforderlicher Bauteile und Herstellungsschritte, gegenüber dem Mechanismus, bei dem ein separates Element das Herausrutschen verhindert, weiter reduziert werden.

[0065] Die vorstehend beschriebene Kettenspannvorrichtung wird gemäß folgender Schritte zusammengesetzt.

[0066] Nach Fig. 6A wird der Anschlagring **7** installiert, nachdem das Rückschlagventil **6** im Boden der Zylindereinheit **11** des Gehäuses **1** eingebaut worden ist. Genauer gesagt: zunächst wird, wie in Fig. 5 dargestellt, das Betätigungselement **72** in die Einkerbung **16** eingeführt, wobei das Ringelement **71** gegen die axiale Linie des Gehäuses **1** gekippt wird und ein Teil des Ringelements **71** in die Führungsnut **18** eingeführt wird. Dann wird das Ringelement **71** in die Stellung parallel zur axialen Linie des Gehäuses **1** zurückgebracht und danach der gesamte Teil des Ringelements **71** in die Führungsnut **18** eingeführt.

[0067] Nachdem der Anschlagring **7** installiert worden ist, wird die Rückstellfeder **5** in die Zylindereinheit **11** eingeführt, wie in Fig. 6B dargestellt. Das zur Außenseite des Gehäuses **1** ragende Betätigungselement **72** wird (entweder manuell oder mittels eines Werkzeugs) zusammengedrückt, so dass sich das Ringelement **71** radial vergrößert, und danach wird der Kolben **3** in die Zylindereinheit **11** eingeführt. Der Kolben **3** wird gegen die Spannkraft der Rückstellfeder **5** eingeschoben, der Anschlagring **7** wird durch Eigenelastizität radial verkleinert, indem das Betätigungselement **72** entlastet wird, wenn der Wulst **36** hinter das Ringelement **71** des Anschlagrings **7** gelangt, und die auf den Kolben **3** ausgeübte Schubkraft wird beendet. Nun greift der Wulst **36** in das Ringelement **71** des Anschlagrings **7** ein, und das Ringelement **71** greift in den zweiten Stopper **22** am Innenumfang des Gehäuses ein, so dass der Ausgangszustand gemäß Fig. 2 eintritt. In diesem ursprünglich eingestellten Zustand stecken der Wulst **36**, der Anschlagring **7** und der zweite Stopper **22** ineinander, um das Herausspringen des durch die Spannkraft der Rückstellfeder **5** geschobenen Kolbens **3** sicher vermeiden zu können. Dadurch kann die Kettenspannvorrichtung mit größerer Sicherheit transportiert werden.

[0068] Wenn sich das Ringelement **71** des Anschlagrings **7** durch Zusammendrücken des Betätigungselements **72** des Anschlagrings **7** vergrößert hat, nachdem die Kettenspannvorrichtung in ihrem ursprünglich eingestellten Zustand auf den Motorblock montiert worden ist, wird die Verriegelung zwischen dem Wulst **36** und dem Anschlagring **7** gelöst. Daraufhin bewegt sich der Kolben **3** aufgrund des Antriebs durch die Spannkraft der Rückstellfeder **5** nach vorn und schiebt die Kette mittels einer (nicht dargestellten) Kettenführung. Dadurch wird die Kette gespannt.

[0069] Wie in Fig. 7 dargestellt, steht zu diesem Zeitpunkt das Ringelement **71** des Anschlagrings **7** mit einer der Eingriffskerben **33a–33d** in Eingriff (der

zweiten Einrastkerbe **33b** in dieser Zeichnung) bzw. stoppt auf der zylindrischen Fläche **34**, die sich hinter jeder Kerbe befindet. Später wird die Kette während des Motorbetriebs gespannt und schiebt den Kolben **3** nach hinten. Wenn diese Schubkraft die Summe aus der Spannkraft der Rückstellfeder **5** und dem der hydraulischen Dämpfungskammer **9** zugeführten hydraulischen Druck übersteigt, bewegen sich der Kolben **3** und der Anschlagring **7** in die Stellung zurück, in der diese Summe der Kräfte die Schubkraft ausgleicht. Diese Rückzugsbewegung wird langsam durch die Dämpfungsfunktion des in die hydraulische Dämpfungskammer **9** gefüllten Betriebsöls durchgeführt. Während sich der Kolben **3** rückwärts bewegt, verkleinert sich der Durchmesser des Anschlagrings **7**, beginnend vom Zustand gemäß **Fig. 7**, indem er auf der konischen Fläche **332**, die als Gleitfläche dient, gleitet und bewegt sich während des Eingriffs in die Wand **331** mit dem Kolben **3** zurück. Während sich der Kolben **3** rückwärts bewegt, läuft überschüssiges, in der hydraulischen Dämpfungskammer **8** befindliches Betriebsöl durch einen sehr kleinen Spalt zwischen dem Innenumfang **1a** des Gehäuses und der äußeren Umfangsfläche des Kolbens **3** aus dem Gehäuse aus.

[0070] Wenn nun die Kette durchhängt, wird der Kolben **3** aufgrund der durch die Rückstellfeder **5** gelieferten Kräfte und des hydraulischen Drucks des zugeführten Öls vorwärts bewegt. Während der Vorwärtsbewegung des Kolbens, bewegt sich auch der Anschlagring **7** zusammen mit dem Kolben **3** vorwärts. Nachdem der Ringelement **71** im Stopper **22** eingepasst ist, vergrößert sich der Durchmesser des Anschlagrings **7**, indem er auf der konischen Fläche **332** gleitet. Sollte die Kette mit der Zeit länger geworden sein, als sie es ursprünglich gewesen ist und sich der Kolben **3** vorwärts bewegen, rastet der Ringelement **71** des Anschlagrings **7** in einer der hinteren Einrastkerben (dritte Einrastkerbe **33c** in dieser Zeichnung) ein und funktioniert in der gleichen Weise wie in dem Fall, in dem der Ringelement in der zweiten Einrastkerbe **33b** eingerastet war.

[0071] Wird der Motor angehalten, kann der Kolben **3**, je nach Stellung der still stehenden Nockenwelle, nach hinten schieben. Wenn beispielsweise der Motor an einer Steigung angehalten wird, wobei sich der Schalthebel in der Stellung für einen Vorwärtsgang befindet, bzw. bei einem Gefälle angehalten wird, wobei sich der Schalthebel in der Stellung für einen Rückwärtsgang befindet, spannt sich die Kette, wodurch der Kolben **3** mit einem langen Hub zurückgeschoben wird. Selbst in einem Fall, wie er in **Fig. 8** dargestellt ist, wird, da der Außendurchmesser des Ringelements **71** des Anschlagrings **7** kleiner ist als der Innendurchmesser des ersten Stoppers **21**, der Anschlagring **7** (das Ringelement **71**), der in die Sperrwand **331** der Einrastkerbe (zum Beispiel der zweiten Einrastkerbe **33b**) eingreift, mit dem ersten

Stopper **21** in Eingriff gebracht, und als Ergebnis dessen kann sich der Kolben **3** nicht weiter nach hinten bewegen (Einschränkung der Rückwärtsbewegung). In diesem Fall hängt die Kette nur um die Rückwärtsbewegung des Kolbens **3** durch. Somit würde die Kette selbst dann nicht übermäßig durchhängen, wenn der Motor erneut gestartet wird. Die Kette könnte nicht vom Kettenrad rutschen und Probleme wie das Durchrutschen der Zähne und das Erzeugen außergewöhnlicher Geräusche könnten vermieden werden.

[0072] Wird die Kette abgenommen, z. B. zur Wartung des Motors, wird der Kolben **3** durch die Spannkraft der Rückstellfeder **5** so geschoben, dass er aus dem Gehäuse springt. Allerdings rastet selbst in einem derartigen Fall, wie er in **Fig. 9** dargestellt ist, das Ringelement **71** des Anschlagrings **7** in die Sicherheitskerbe **35** ein, und das mit der Sicherheitswand **351** in Eingriff stehende Ringelement **71** greift in den zweiten Stopper **22** ein, um ein Herausrutschen des Kolbens **3** zu vermeiden (Vermeiden des Herausrutschens). Dadurch werden Bauteile wie der Kolben **3** und die Rückstellfeder **5** überwacht, damit sie nicht aus dem Gehäuse **1** herausrutschen. Soll der Kolben **3** aus dem Gehäuse **1** entfernt werden, so kann dies leicht geschehen, indem das Betätigungselement **72** des Anschlagrings **7** zusammengedrückt wird, so dass das Ringelement **71** radial vergrößert und die Verbindung zwischen Ringelement **71** und Sicherheitswand **351** gelöst wird.

[0073] Wie vorstehend beschrieben, bewegt sich der Anschlagring **7** zusammen mit der Hin- und Herbewegung des Kolbens **3** vorwärts und zurück. Wenn das Betätigungselement **72** des nach hinten gezogenen Anschlagrings **7** mit der Wand **16a** tief in der Einkerbung kollidiert (siehe **Fig. 3**), kann sich der Anschlagring **7** aufgrund der Kollision verformen. Aus diesem Grund sind Maßnahmen vorzusehen, damit das Betätigungselement **72** des nach hinten gezogenen Anschlagrings **7** mit der Wand **16a** nicht in Kontakt gerät. Gemäß **Fig. 3** wird dies dadurch ermöglicht, dass die axiale Länge D der Einkerbung **16** auf einen Wert eingestellt wird, der größer ist als der Abstand X (der Abstand zwischen dem offenen Ende des Gehäuses **1** und dem hinteren Ende des Anschlagrings **7** in der Einkerbung **16** in dem Moment, in dem die Sperrwand **331** der Einrastkerbe in den ersten Stopper **21** über den Anschlagring **7** eingerastet ist), nämlich $D > X$.

[0074] Bei der erfindungsgemäßen Kettenspannvorrichtung können der ursprünglich eingestellte Zustand, die Begrenzung der Rückwärtsbewegung und das Vermeiden des Herausrutschens allein durch die Verwendung des Anschlagrings **7** erreicht werden. Somit können im Vergleich zur herkömmlichen Kettenspannvorrichtung, die eine Vielzahl von Ringelementen und Klammern für die genannten Funktionen benötigt, bei der erfindungsgemäßen Kettenspann-

vorrichtung die Anzahl der erforderlichen Bauteile und die Herstellungskosten erheblich reduziert werden. Darüber hinaus können die Bearbeitungskosten ebenfalls reduziert werden, da zur leichteren Bearbeitung der Aufbau des Kolbens **3** vereinfacht worden ist und die Einkerbungen an der äußeren Umfangsfläche des Kolbens **3** vorgesehen worden sind. Da ferner der Kolben **3** leicht aus dem Gehäuse **1** entfernt werden kann, erleichtert dies die Wartung.

[0075] Das Vorstehende bezog sich auf den Grundaufbau und die Grundfunktionen der Kettenspannvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Der detaillierte Aufbau dieser Kettenspannvorrichtung ist nachfolgend beschrieben.

[0076] Wie vorstehend erwähnt, kann, wenn sich der Anschlagring **7** zusammen mit dem Kolben **3** vorwärts und rückwärts bewegt, das Ringelement **71** auf der konischen Fläche **332** (Gleitfläche) einer Einrastkerbe gleiten. Wenn in diesem Fall der spitze Winkel θ der konischen Fläche **332** (der zwischen der Achse des Kolbens und der konischen Fläche **332** gebildete Winkel: siehe **Fig. 3**) zu groß ist, wächst die durch den Anschlagring **7** auf den Kolben **3** ausgeübte Federkraft an und wirkt als Gleitwiderstand. Dadurch verschlechtert sich die Glatte Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Kolbens **3** (insbesondere die Vorwärtsbewegung), wodurch sich das Ansprechvermögen der Kettenspannvorrichtung verringern kann. Eine Erhöhung des Gleitwiderstands wirkt sich auch auf die Lebensdauer des Anschlagrings **7** aus. Ein erhöhter Gleitwiderstand kann durch Erhöhen der Elastizität der Rückstellfeder **5** ausgeglichen werden; was Kosten und Design betrifft, ist dieses Verfahren jedoch eingeschränkt. Daher ist der spitze Winkel θ der konischen Fläche **332** so weit wie möglich zu verkleinern, damit sich der Anschlagring **7** gleichmäßig vergrößern kann.

[0077] Sollte der spitze Winkel θ zu klein sein, können andererseits folgende Probleme auftreten:

- ① die Genauigkeit der Bearbeitung kann sich verringern, da das Material nicht dick genug ist, wenn die Einrastkerben **33a–33d** durch plastische Bearbeitung wie z. B. Walzen geformt werden;
- ② beim erneuten Starten des Motors entstehen außergewöhnliche Geräusche, da die Einrastkerben **33a–33d** in axialer Richtung verlaufen und sich der Kolben **3** während des Motorstillstands mit einem großen Hub nach hinten bewegt.

[0078] Bei einem Versuch, den besten Bereich des spitzen Winkels θ für die konische Fläche **332** zu finden, sind die in **Fig. 10** gezeigten Ergebnisse erzielt worden. Plastische Bearbeitbarkeit, nach hinten gerichtete Hublänge und Gleitwiderstand (Lebensdauer des Anschlagrings) sind für jede der konischen Flächen verschiedener spitzer Winkel (θ) in diesem Versuch ausgewertet und mit \odot , \circ , Δ , \times (\odot zeigt die

Bestleistung) markiert worden. Die in **Fig. 10** dargestellten Ergebnisse zeigen, dass der spitze Winkel θ wenigstens 8 Grad und nicht mehr als 20 Grad und vorzugsweise wenigstens 10 Grad und nicht mehr als 15 Grad betragen sollte.

[0079] Der schräge Winkel ϕ der Sperrwand **331** (siehe **Fig. 3**) sollte ein Winkel sein, der fast parallel zum ersten Stopper **21** verläuft, so dass der Anschlagring **7** fest zwischen dem ersten Stopper **21** und der Sperrwand gehalten werden kann. Dieser Winkel ϕ kann z. B. 60 Grad betragen.

[0080] Die Oberflächenrauigkeit der konischen Fläche **332** kann ein Faktor sein, der den Gleitwiderstand des Kolbens **3** beeinflusst. Folglich sollte die konische Fläche **332** so glatt wie möglich sein, um den Gleitwiderstand zu verringern. **Fig. 11** zeigt Ergebnisse, indem eine Anzahl von Metallstäben, die den gleichen Durchmesser wie die zylindrische Fläche **34** des Kolbens **3** und jeweils einen verschiedenen Grad an Oberflächenrauigkeit aufweisen, vorbereitet, ein Anschlagring darauf aufgesetzt und der Gleitwiderstand zwischen dem Anschlagring und dem Stab gemessen worden ist. Gemäß der Zeichnung wird der Gleitwiderstand umso größer, je höher die Oberflächenrauigkeit R_{max} (JISB0601) ist; und es ist möglich, den Gleitwiderstand auf ein Minimum zu reduzieren, wenn R_{max} 6,3 μm oder weniger beträgt.

[0081] **Fig. 12** zeigt die Stoßkraft (Gleitwiderstand), die unter den gleichen Bedingungen gemessen worden ist, wie die nach **Fig. 11**, die Abnutzung und die Änderung der physikalischen Eigenschaft mittels der Symbole \circ , Δ , \times (\circ zeigt das beste Ergebnis an). Es ist bekannt, dass der Grad des Abriebs der miteinander in Kontakt stehenden Materialien im Verhältnis zu ihrer Oberflächenrauigkeit zunimmt. „Abrieb“ ist in Betracht zu ziehen, da, je nach dem Grad der Oberflächenrauigkeit, der Anschlagring durch Abrieb beschädigt werden kann. Mit der Zeit ändert sich die anfängliche Oberflächenrauigkeit einer Gleitfläche, da die Fläche durch den Abrieb geschliffen wird; dies bedeutet, dass sich der Abriebskoeffizient mit der Zeit ändert (mit der Zeit ändert sich die physikalische Eigenschaft). Zum Beispiel ist die Stoßkraft gering, wenn die ursprüngliche Fläche glatt ist, wohingegen sie stark ist, wenn sie körnig ist. Wenn sich der Ausgangswert der Oberflächenrauigkeit von ursprünglich 12,5 s auf 3,2 s oder weniger ändert, verringert sich die ursprüngliche Stoßkraft, was zu Änderungen der physikalischen Eigenschaft führt. Dies ist keine bevorzugte Änderung. Daher sollte die ursprüngliche Größe für die Oberflächenrauigkeit so gering wie möglich sein, damit eine Gleitfläche hoher Stabilität für die Dauer der Benutzung und geringfügige Änderungen mit der Zeit der „physikalischen Eigenschaft“ (Änderungen des Abriebskoeffizienten) geschaffen werden kann.

[0082] Diese Zeichnung zeigt, dass bei einer Oberflächenrauigkeit der konischen Fläche **332** von R_{max} 3,2 μm oder weniger, der „Abrieb“ und die „Änderung der physikalischen Eigenschaft“ sowie der Gleitwiderstand zu exzellenten Ergebnissen führt.

[0083] Dadurch konnte festgestellt werden, dass die Oberflächenrauigkeit R_{max} der konischen Fläche **332** 6,3 μm oder weniger, vorzugsweise 3,2 μm oder weniger betragen sollte.

[0084] Der Kolben **3** kann aus Stahl geschmiedet sein, wodurch der Hohlbereich **31** entsteht. Nach dem Schmieden werden von den Einkerbungen (z. B. den Einrastkerben **33a–33d** und der Sicherheitsnut **35**), die an der äußeren Umfangsfläche des Kolbens **3** ausgebildet sind, zumindest die Einrastkerben **33a–33d** durch plastische Bearbeitung, z. B. Walzen, gebildet (die übrigen Einkerbungen, wie z. B. die Sicherheitsnut **35** können durch das gleiche Verfahren gebildet werden). Wie vorstehend beschrieben, gleitet der Anschlagring **7** während der Motor läuft auf der konischen Fläche **332** und greift in eine der Einrastkerben ein. Folglich muss die Oberfläche der Einrastkerben **33a–33d** mit hoher Präzision bearbeitet werden, um Gleitwiderstand und -abrieb zu reduzieren. Bei den meisten herkömmlichen Kettenspannvorrichtungen, bei denen Einrastkerben an der inneren Umfangsfläche des zylindrischen Gehäuses ausgebildet sind, werden die Einrastkerben durch Schleifen bearbeitet. Dies geschieht oft durch Profilschliff, da die innere Umfangsfläche bearbeitet werden muss. Da ein Schleifen dieser Art nicht so automatisiert werden kann wie das spitzenlose Schleifen, sind die Bearbeitungskosten hoch und es bestehen Einschränkungen aufgrund der durch diese Bearbeitung zu erzielenden Rauheit.

[0085] Da demgegenüber bei der vorliegenden Erfindung die Einrastkerben **33a–33d** an der äußeren Umfangsfläche des Kolbens **3** ausgebildet sind, können die Kerben durch Walzen hergestellt werden. Walzen ermöglicht eine Oberflächenrauigkeit von $R_{max} \leq 3,2$ (μm), wodurch eine Oberflächenrauigkeit gewährleistet ist, die besser ist als die gewöhnlichen von $R_{max} = 3,2–6,3$. Darüber hinaus kann, da der Walzvorgang automatisch durchgeführt werden kann, die Ausbildung der Kerben mit hoher Präzision zu niedrigen Kosten erfolgen.

[0086] Ein Problem bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 2** besteht darin, dass die Hohlkonstruktion niedriger Festigkeit dem Walzen ausgesetzt ist. Wenn jedoch die Tiefe der Einrastkerben **33a–33d** wie oben beschrieben überwacht wird (wobei die maximale Tiefe jeder Einrastkerbe auf 30–50% des Drahtdurchmessers des Anschlagrings **7** begrenzt ist) und eine Aufspannvorrichtung, wie z. B. eine Metallstange, während des Walzens in den hohlen Bereich **31** eingeführt wird, kann die Ausbildung der Kerben mit ho-

her Präzision durchgeführt werden, wobei eine Deformation des gewalzten Bereichs vermieden wird.

[0087] Das Kolbenmaterial, bei dem die Kerben durch Walzen hergestellt worden sind, wird nach erfolgten Wärmebehandlungen wie z. B. dem Einsatzhärten, dem spitzenlosen Schleifen ausgesetzt. Die äußere Umfangsfläche des Hohlbereichs **31** des Kolbens **3** und die zylindrische Fläche **34** werden durch spitzenlose Schleifen fertig bearbeitet. Spitzenloses Schleifen wird zur Bearbeitung der entsprechenden Fläche zwischen Kolben und Innenumfang **1a** des Gehäuses mit einer vorbestimmten Präzision verwendet. Der Bearbeitungs-zustand dieser entsprechenden Fläche bestimmt den Austritt des Betriebsöls und den Gleitwiderstand des Kolbens **3**. Durch spitzenloses Schleifen können die Bearbeitungskosten, verglichen mit normalem Schleifen, auf ein Minimum reduziert oder viel niedriger gehalten werden als normalerweise üblich.

[0088] Im Folgenden werden die Materialien genannt, die für die Bauteile der Kettenspannvorrichtung der vorliegenden Erfindung geeignet sind:

① Gehäuse

[0089] Gewöhnlicherweise entsteht das Gehäuse **1** durch Schmieden. Die Materialien für das Gehäuse können Gusseisen wie z. B. FC250 und Leichtmetalle wie z. B. Aluminiumlegierungen sein.

② Kolben

[0090] Die auf Stahl basierenden Materialien für den Kolben **3** können Kohlenstoffstahl für den Maschinenbau, Chromstahl, Chrommolybdänstahl und Manganstahl für den Maschinenbau sein. Darunter ist Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,25% oder weniger im Hinblick auf Bearbeitbarkeit, Abschreckung während der Vergütung und Kosten vorzuziehen. Insbesondere sind dies:

Kohlenstoffstahl für den Maschinenbau

S10C (Kohlenstoffgehalt 0,08–0,13%)
 S12C (Kohlenstoffgehalt 0,10–0,15%)
 S15C (Kohlenstoffgehalt 0,13–0,18%)
 S17C (Kohlenstoffgehalt 0,15–0,20%)
 S20C (Kohlenstoffgehalt 0,18–0,23%)

Chromstahl

SCr415 (Kohlenstoffgehalt 0,13–0,18%)
 SCr420 (Kohlenstoffgehalt 0,18–0,23%)

Chrommolybdänstahl

SCM415 (Kohlenstoffgehalt 0,13–0,18%)
 SCM418 (Kohlenstoffgehalt 0,16–0,21%)
 SCM420 (Kohlenstoffgehalt 0,18–0,23%)
 SCM421 (Kohlenstoffgehalt 0,17–0,23%)

Manganstahl für den Maschinenbau

SMn420 (Kohlenstoffgehalt 0,17–0,23%).

[0091] Aus den vorstehend genannten Materialien sind SCr420 und SCM415, die eine exzellente Schmiedebearbeitbarkeit aufweisen, am ehesten vorzuziehen.

③ Rückschlagventil

[0092] Die für den Kolben **3** verwendeten Stahlmaterialien können auch für die Bauteile des Rückschlagventils verwendet werden (Ventilsitz **61**, Ventil **63**, Rückhaltevorrichtung **64**).

⊕ Anschlagring

[0093] Im Hinblick auf seine erforderliche Verformbarkeit und die Kosten besteht der Anschlagring **7** vorzugsweise aus Klaviersaitendraht wie z. B. SWP-A, SWP-B und SWP-V. Wird der Anschlagring bei hohen Temperaturen (120°C oder mehr) benutzt, können Drähte aus Siliziumchromstahl für Ventildfedern, wie z. B. SWOSC V, verwendet werden.

[0094] Die vorgenannte Ausführungsform zeigt die konische Fläche **332** als Beispiel, auf welcher der Anschlagring **7** gleitet, als Gleitfläche am Außenumfang des Kolbens **3**. Die vorgenannte Ausführungsform zeigt ebenfalls das Beispiel, bei dem eine derartige Gleitfläche in dem Bereich ausgebildet ist, in dem sich die Einrastkerben **33a–33d** befinden. Die Gleitfläche kann jedoch separat von den Einrastkerben **33a–33d** gebildet sein. So ist es z. B. gemäß **Fig. 2** bei der vorliegenden Erfindung erlaubt, die konische Fläche **332** zu verkürzen bzw. wegzulassen, so dass sich die axiale Länge der Einrastkerben **33a–33d** verkürzt, während die Länge der zylindrischen Fläche **34** entlang der axialen Richtung verlängert wird, so dass diese zylindrische Fläche **34** als Gleitfläche für den Anschlagring **7** verwendet werden kann.

Patentansprüche

1. Kettenspannvorrichtung, mit einem rohrförmigen Gehäuse (**1**) mit einem Boden (**13**) und einer Einkerbung (**16**) an einem offenen Ende, mit einem Kolben (**3**), der eine Vielzahl von Einrastkerben (**33a–33d**) am Außenumfang aufweist und in dem Innenumfang des Gehäuses installiert ist,

mit einer Rückstellfeder (**5**), welche den Kolben (**3**) mit einer nach außen drückenden Kraft beaufschlagt, mit einem Anschlagring (**7**), der zwischen dem Innenumfang des Gehäuses und dem Außenumfang des Kolbens (**3**) installiert ist, mit einem Ringelement (**71**), das in einer Führungsnut (**18**) in axialer Richtung gleitbar ist und mit einem Betätigungselement (**72**) zur radialen Expansion des Ringelements (**71**), mit einem ersten Stopper (**21**), welcher die Rückwärtsbewegung des Anschlagrings (**7**) relativ zum Gehäuse (**1**) durch die Festlegung des Anschlagrings (**7**) in der Führungsnut (**18**) begrenzt und mit einem zweiten Stopper (**22**) mit einem kleineren inneren Durchmesser als der äußere Durchmesser des Anschlagrings (**7**) zur Begrenzung der Vorwärtsbewegung des Anschlagrings (**7**) relativ zu dem Gehäuse (**1**), wobei der Anschlagring (**7**) in der Führungsnut (**18**) arretiert ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass die ringförmige Führungsnut (**18**), in welcher das Ringelement (**71**) des Anschlagrings (**7**) gelagert ist, nahe des offenen Endes in den Innenumfang des Gehäuses (**1**) eingeformt ist und in die Einkerbung (**16**) übergeht,

dass der zweite, als Stoppfläche gestaltete Stopper (**22**) einstückig mit dem Gehäuse an einer Wandseite der Führungsnut (**18**) auf der dem Boden (**13**) abgewandten Seite des ersten Stoppers im offenen Endbereich des Gehäuses (**1**) ausgebildet ist,

dass das Ringelement (**71**) des Anschlagrings (**7**) in die Führungsnut (**18**) einsetzbar ist durch das Einbringen des Betätigungselements (**72**) in die Einkerbung (**16**) des Gehäuses (**1**) in einem Zustand, in welchem der Anschlagring (**7**) gegen die Axialachse des Gehäuses (**1**) geneigt und danach die Neigung des Anschlagrings (**7**) aufhebbar ist und

dass die Oberfläche der Einrastkerben (**33a–33d**) durch Walzen herstellbar ist mit einer Oberflächenrauigkeit der mit dem Anschlagring (**7**) zusammenwirkenden Gleitflächen bei einem Wert von R_{\max} 6,3 µm oder kleiner.

2. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die jeweilige Gleitfläche der Einrastkerben (**33a–33d**) als konische Fläche (**332**) ausgebildet ist, wobei der spitze Winkel zwischen der konischen Fläche (**332**) und der Axiallinie des Kolbens (**3**) minimal 8° und maximal 20° beträgt.

3. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Oberflächenrauigkeit R_{\max} der konischen Fläche 3,2 µm beträgt.

4. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Ringelement (**71**) über das Betätigungselement (**72**) von außerhalb des Gehäuses (**1**) durch eine im Gehäuse vorgesehene Einkerbung (**16**) hindurch betätigbar ist.

5. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anschlagring (7) eine Überkreuzung aufweist.

6. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einkerbung (16) so ausgebildet ist, dass der Anschlagring (7) dann nicht mit ihrem axialen Ende in Verbindung steht, wenn der in der Einkerbung (16) eingerastete Anschlagring in den ersten Stopper (21) eingreift.

7. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wulst (36), welche über den Anschlagring (7) in die zweite Stoppfläche (22) eingreift, vor der vordersten Einrastkerbe am Außenumfang des Kolbens (3) ausgebildet ist.

8. Kettenspannvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die axiale Länge (D) der Einkerbung (16) größer ist als der Abstand (X) zwischen dem offenen Ende des Gehäuses (1) und dem hinteren Ende des Anschlagrings (7) in der Einkerbung (16) zu dem Zeitpunkt, in welchem eine Sperrwand (331) der Einrastkerbe (33b) über das Ringelement (71) in den ersten Stopper (21) eingerastet ist (Fig. 3).

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1A

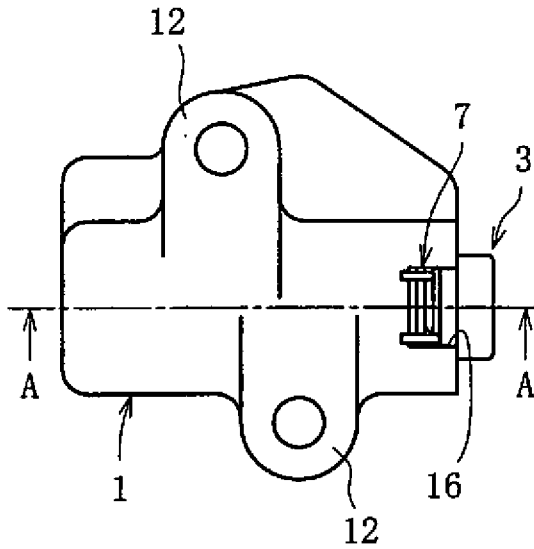


Fig. 1B

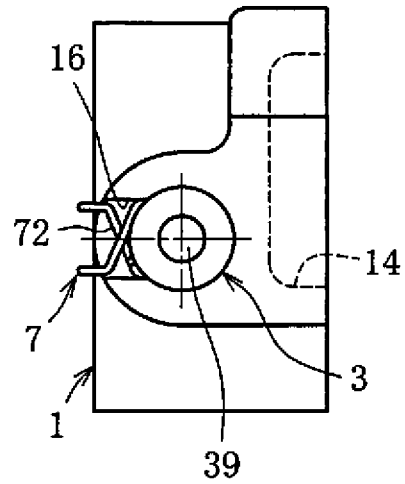


Fig. 2

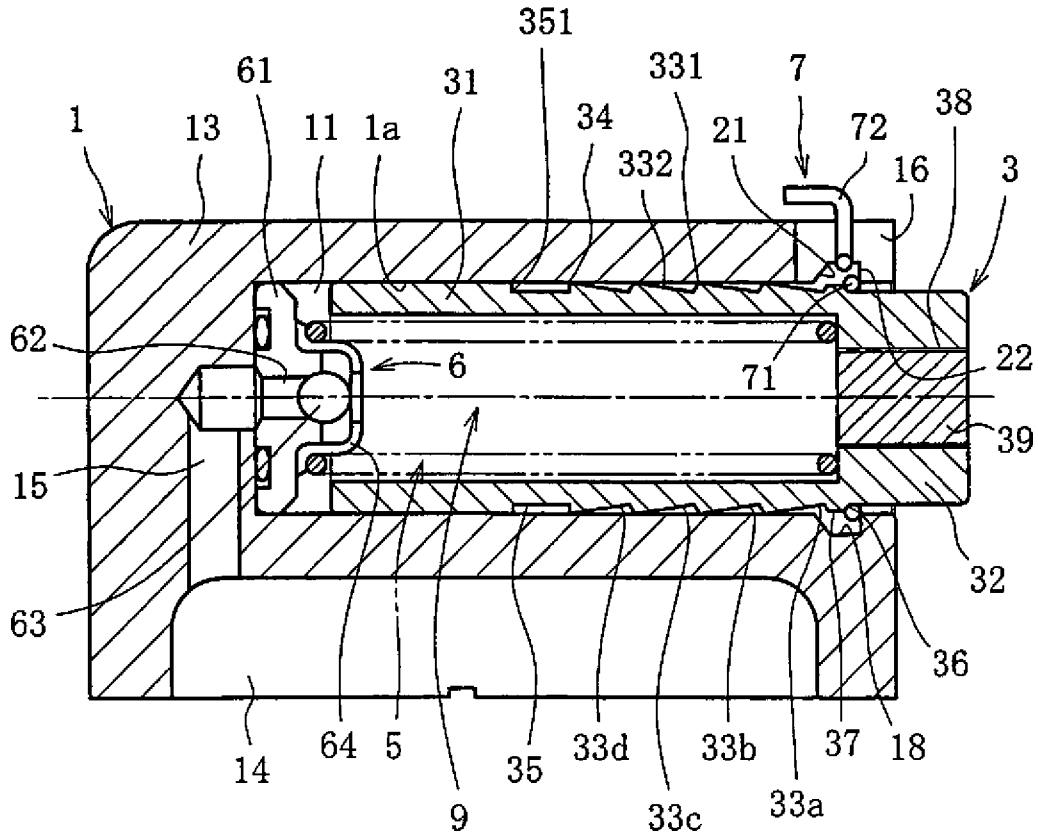


Fig. 3

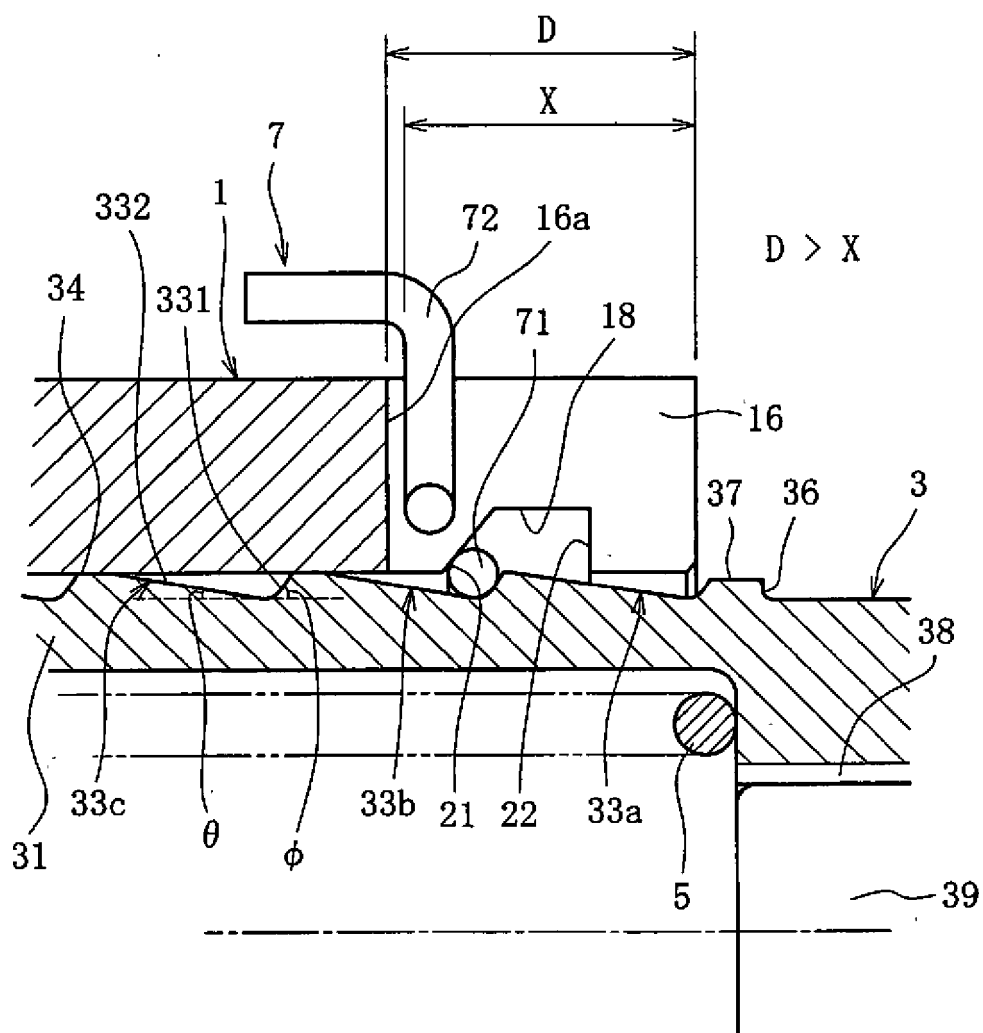


Fig. 4A

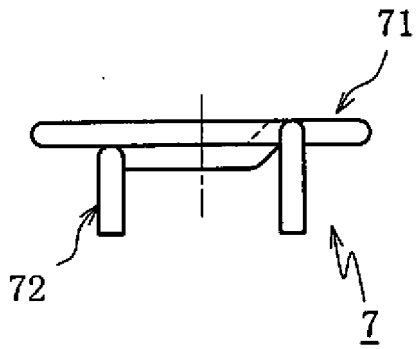


Fig. 4B

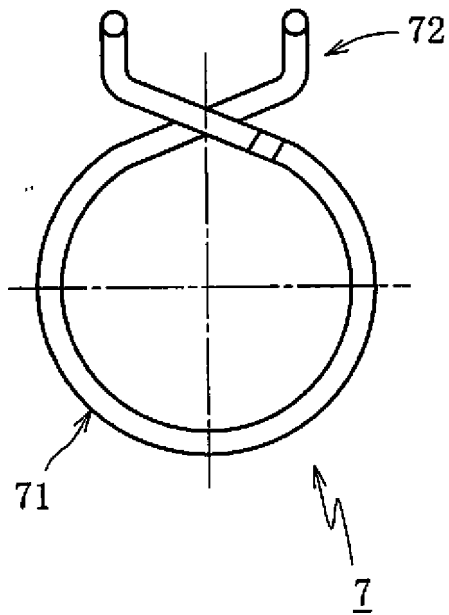


Fig. 4C

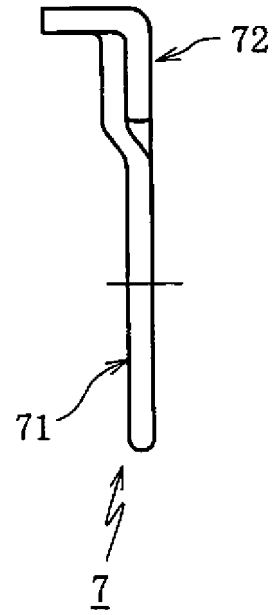


Fig. 5

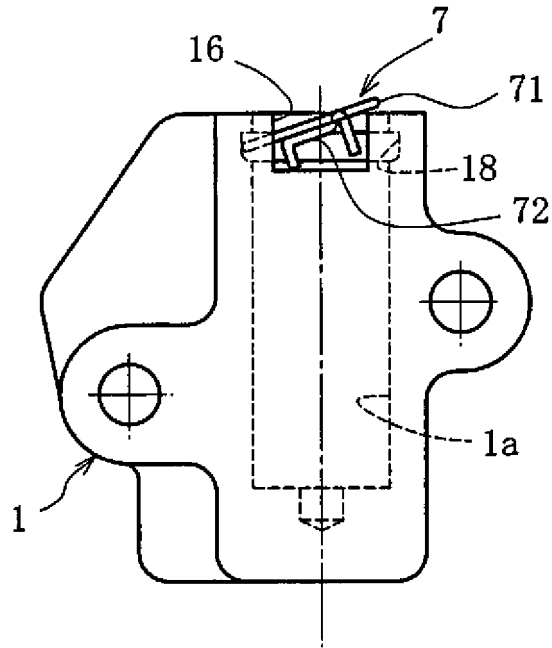


Fig. 6B

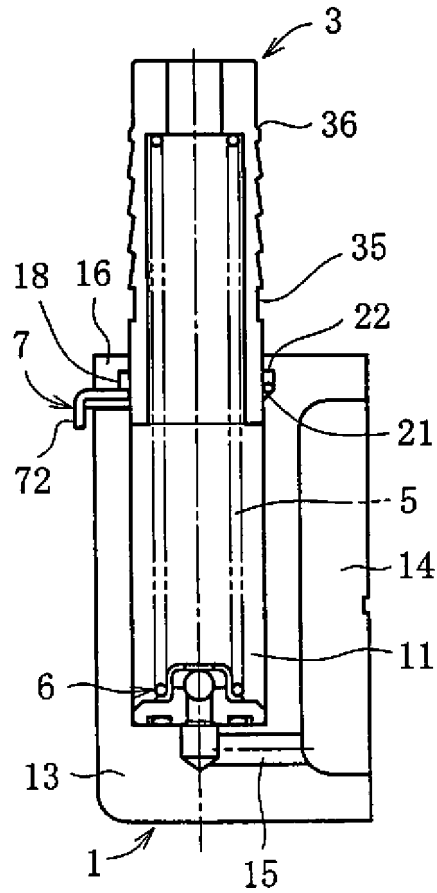


Fig. 6A

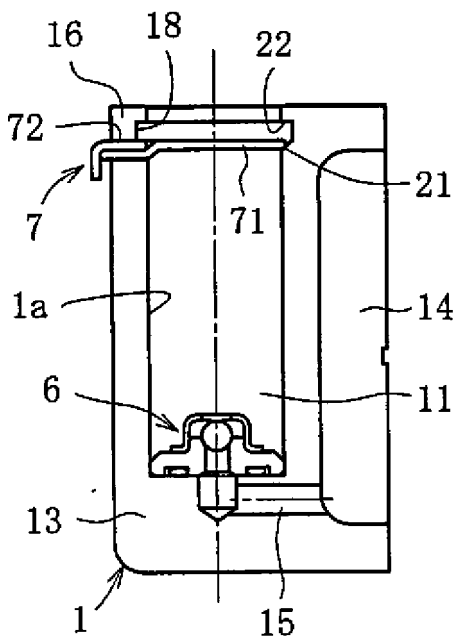


Fig. 7

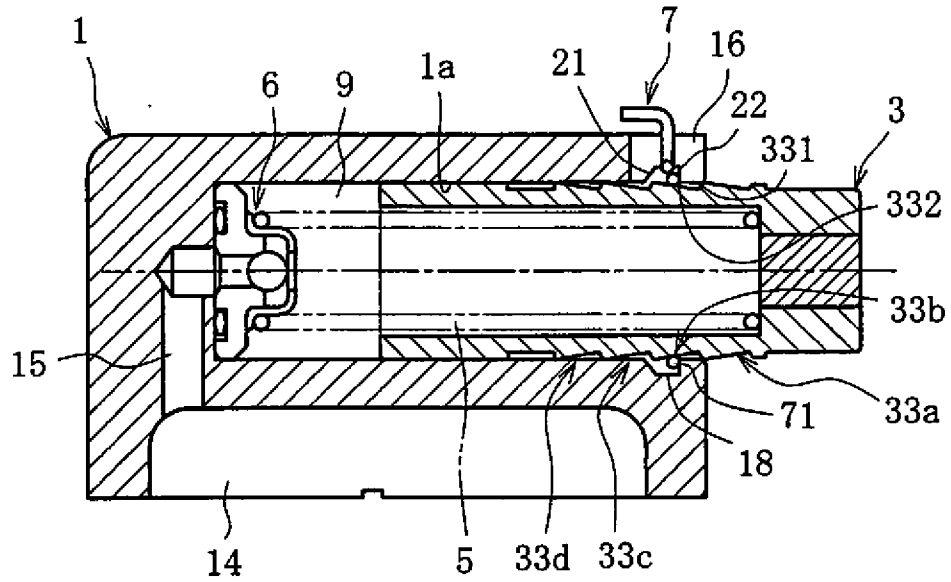


Fig. 8

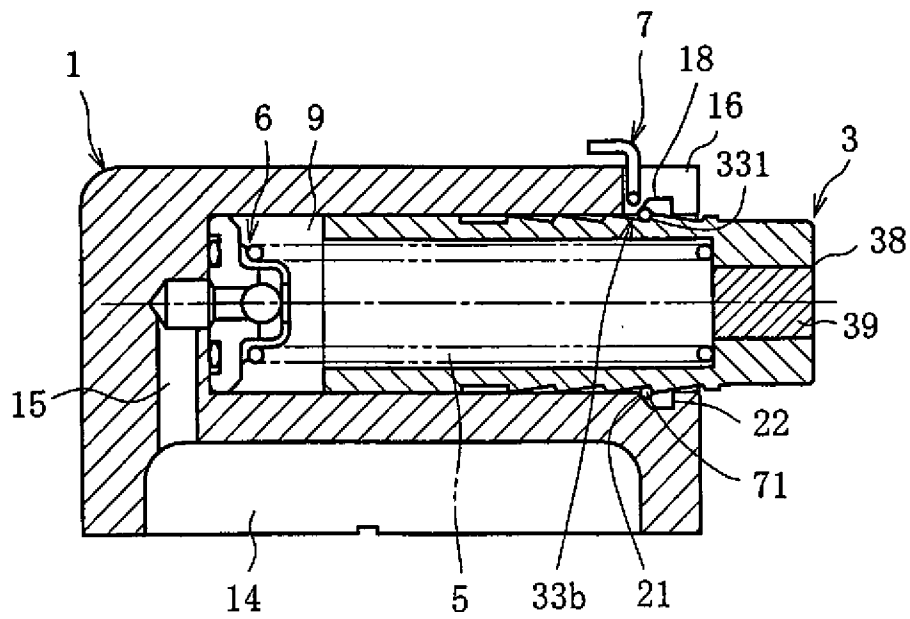


Fig. 9

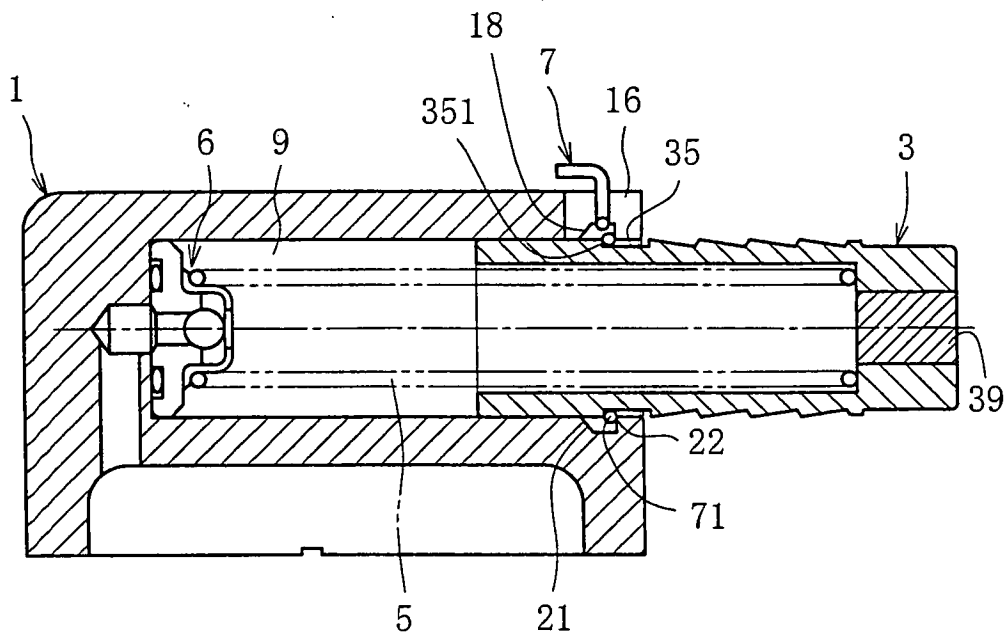


Fig. 10

Spitzer Winkel θ (°)	6	8	10	15	20	22
Plastische Verformbar.	×	△	○	○	○	○
Hublänge	×	△	○	○	○	◎
Gleitwiderstand (Lebenszeit des Anschlagrings)	○	○	○	○	△	×

Fig. 11

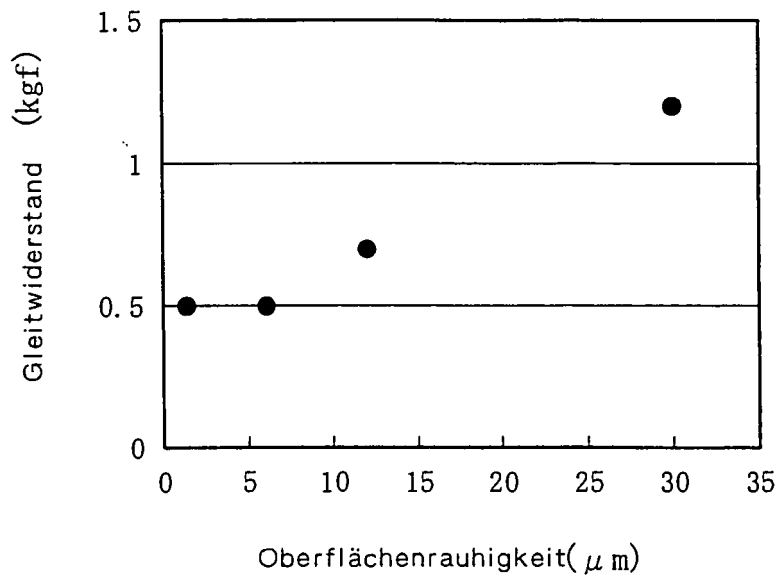


Fig. 12

Oberflächenrauigkeit (Einheit: μm)	1.6	3.2	6.3	12.5
Stoßkraft	○	○	○	×
Abrieb	○	○	△	×
Änderung der physika- lischen Eigenschaft	○	○	△	×