

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50192/2019

(22)

Anmeldetag:

08.03.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.09.2020

(51)

Int. Cl.:

F16C 7/06

(2006.01)

F02B 75/04

(2006.01)

F16B 39/22

(2006.01)

F16B 39/30

(2006.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

DE 102017217492 A1

DE 2422712 A1

DE 102013106971 A1

EP 1426584 A1

DE 102005055199 A1

WO 2013092364 A1

WO 2015055582 A2

DE 102017110363 A1

(71)

Patentanmelder:

AVL List GmbH

8020 Graz (AT)

iwis motorsysteme GmbH & Co. KG

81369 München (DE)

(72)

Erfinder:

Lösch Siegfried Dr.

8051 Graz (AT)

Heller Malte

81243 München (DE)

Riba Zóltan

82140 Olching (DE)

Latz Steffen

81669 München (DE)

Arens Kai Dr.

81377 München (DE)

Bodensteiner Martin

80336 München (DE)

Eder Marc

81379 München (DE)

Bezner Stefanie

82269 Geltendorf (DE)

Weiss Thomas

86415 Mering (DE)

(74)

Vertreter:

Kopetz Heinrich Dipl.Ing.

8020 Graz (AT)

(54)

Schraubverbindung für längenverstellbare Pleuelstange mit Schmelzeinlage

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (10) mit zumindest einem Zylinder (12) und zumindest einem Verstellkolben (9) einstellbar ist. Dabei sind der Verstellkolben (9) der Zylinder-KolbenEinheit (10) und das erste Pleuelauge (7) mittels zumindest einer Schraubverbindung (37, 38) mit einem ersten Gewinde (35) und zweiten Gewinde (36) verbunden, wobei ein Gewinde (35, 36) zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage

(40) versehen ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Kolbenmotor mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange (1).

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (10) mit zumindest einem Zylinder (12) und zumindest einem Verstellkolben (9) einstellbar ist. Dabei sind der Verstellkolben (9) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) und das erste Pleuelauge (7) mittels zumindest einer Schraubverbindung (37, 38) mit einem ersten Gewinde (35) und zweiten Gewinde (36) verbunden, wobei ein Gewinde (35, 36) zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage (40) versehen ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Kolbenmotor mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange (1).

Fig. 4b

Schraubverbindung für längenverstellbare Pleuelstange mit Schmelzeinlage

Die vorliegende Erfindung betrifft eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange ein erstes Pleuelauge zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung der Pleuelstange mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit mit zumindest einem Zylinder und zumindest einem Verstellkolben einstellbar ist, und wobei der Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit und das Pleuelauge mittels zumindest einer Schraubverbindung verbunden sind. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Kolbenmotor mit einer solchen längenverstellbaren Pleuelstange.

Bei Verbrennungsmotoren mit Hubkolben gibt es Bestrebungen, das Verdichtungsverhältnis während des Betriebs zu verändern und auf den jeweiligen Betriebszustand des Motors anzupassen, um den thermischen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors zu verbessern. Mit steigendem Verdichtungsverhältnis nimmt der thermische Wirkungsgrad zu, jedoch kann ein zu hohes Verdichtungsverhältnis zu einer unbeabsichtigten Selbstzündung des Kolbenmotors führen. Eine solche frühzeitige Verbrennung des Kraftstoffes führt nicht nur zu einem unruhigen Lauf und dem sogenannten Klopfen des Motors, sondern kann auch zu Bauteilschäden am Motor führen. Im Teillastbereich ist die Gefahr der Selbstzündung geringer, so dass ein höheres Verdichtungsverhältnis möglich ist.

Zur Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses („variable compression ratio“ – VCR) existieren unterschiedliche Lösungen, mit denen die Lage des Hubzapfens der Kurbelwelle oder des Kolbenbolzens des Hubkolbens verändert oder die effektive Länge der Pleuelstange variiert wird. Hierbei gibt es jeweils Lösungen für eine kontinuierliche und diskontinuierliche Verstellung der Bauteile. Eine kontinuierliche Längenverstellung des Abstands zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen ermöglicht eine gleitende Einstellung des Verdichtungsverhältnisses auf den jeweiligen Betriebspunkt und damit einen optimalen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors. Demgegenüber ergeben sich bei einer diskontinuierlichen Verstellung der Pleuellänge mit wenigen Stufen konstruktive und betriebstechnische Vorteile, im Vergleich zu einem konventionellen Kolbenmotor wird trotzdem eine signifikante Verbesserung des Wirkungsgrades sowie entsprechende Einsparungen im Verbrauch und im Schadstoffausstoß ermöglicht.

Eine diskontinuierliche Verstellung des Verdichtungsverhältnisses für einen Kolbenmotor beschreibt die EP 1 426 584 A1, in der ein mit dem Kolbenbolzen des Hubkolbens verbundener Exzenter eine Anpassung des Verdichtungsverhältnisses ermöglicht, wobei die Fixierung des Exzenter in den jeweiligen Endstellungen des Schwenkbereichs mittels einer mechanischen Arretierung erfolgt. Demgegenüber offenbart die DE 10 2005 055 199 A1 eine längenverstellbare Pleuelstange, mit der unterschiedliche Verdichtungsverhältnisse realisiert werden können, wobei dabei ein Exzenter durch zwei Zylinder-Kolben-Einheiten und den hydraulischen Druckunterschied des zugeführten Motoröls in seiner Position fixiert wird. Auch wenn sich bei solchen Pleuelstangen mit Exzenter die tatsächliche Länge der Pleuelstange nicht verändert, so sind derartige wirkllängenverstellbare Pleuelstangen auch von der erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange erfasst.

Die WO 2013/092364 A1 zeigt eine längenverstellbare Pleuelstange mit teleskopartig ineinander verschiebbaren Pleuelteilen, wobei ein erstes Pleuelteil einen mit dem Pleuelauge verpressten Verstellkolben und das zweite Pleuelteil einen Zylinder aufweist, in dem der Verstellkolben längsbeweglich angeordnet ist. Diese Zylinder-Kolben-Einheit wird über eine hydraulische Steuereinrichtung mit Motoröl versorgt, um die Länge der Pleuelstange zu verstellen.

Eine weitere teleskopartig längenverstellbare Pleuelstange beschreibt die WO 2015/055582 A2, wobei der im ersten Pleuelteil vorgesehene Verstellkolben den Zylinder in zwei Druckräume unterteilt, die von einer hydraulischen Steuereinrichtung mit Motoröl versorgt werden. Hier ist der Verstellkolben mittels einer sich durch den Verstellkolben erstreckenden Befestigungsschraube mit dem oberen Pleuelauge verbunden. Ein Nachteil dieser Konstruktion ist, dass die Kolbenstange zwischen Verstellkolben und Pleuelauge sehr massiv ausgebildet sein muss, um die Befestigungsschraube aufzunehmen.

Die hydraulische Steuereinrichtung der WO 2015/055582 A2 versorgt die beiden Druckräume der Zylinder-Kolben-Einheit über Rückschlagventile mit Motoröl, wobei sich jeweils nur in einer Druckkammer unter Druck stehendes Motoröl befindet. Ist die längenverstellbare Pleuelstange in der langen Position, befindet sich in der oberen Druckkammer kein Motoröl, während die untere Druckkammer vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Beim Betrieb wird das Pleuel aufgrund der Gas- und Massenkräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung der Pleuelstange wird dann eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit dem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen, während eine einwirkende Druckkraft über die Kolbenfläche auf die motorölgefüllte untere Druckkammer übertragen wird.

Da das Rückschlagventil dieser Kammer den Rücklauf des Motoröls unterbindet, steigt der Druck des Motoröls an, so dass der Verstellkolben in dieser Richtung hydraulisch gesperrt ist und die Pleuellänge unverändert bleibt. In der kurzen Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange drehen sich die Verhältnisse in der Zylinder-Kolben-Einheit um. Die untere Druckkammer ist leer, während die obere Druckkammer mit Motoröl gefüllt ist. Entsprechend bewirkt eine Zugkraft einen Druckanstieg in der oberen Kammer und eine hydraulische Sperrung der längenverstellbaren Pleuelstange, während eine Druckkraft durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen wird.

Bei diesem hydraulischen Verstellmechanismus einer längenverstellbaren Pleuelstange können aufgrund der in Betrieb auf die Pleuelstange wirkenden Massenkräfte und Gasdruckkräfte in den Druckräumen und auf den Verstellkolben sehr hohe Drücke entstehen. Daher werden im Stand der Technik am Verstellkolben qualitativ hochwertige umlaufende Dichtung eingesetzt, sowie eine Stangendichtung zur Abdichtung einer Kolbenstange und ein einteiliger Zylinderdeckel zur Abdichtung des Zylinders verwendet. Da im Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange in den Druckräumen sehr hohe dynamische Drücke von über 1.000 bar entstehen können, ist sowohl die Auswahl der Kolben- und Stangendichtungen, als auch die dauerhafte Dichtwirkung im Betrieb von ausschlaggebender Bedeutung. Entsprechend werden die Dichtungen und Bauteile üblicherweise vor dem Zusammenbau des ersten Pleuelteils auf der Kolbenstange bzw. auf dem Verstellkolben angeordnet und erst anschließend wird der Verstellkolben mit dem Pleuelauge verbunden. Neben einem Verschrauben der Kolbenstange mit dem oberen Pleuelauge oder dem Verstellkolben ist auch ein entsprechendes Verpressen oder Verschweißen der Komponenten bekannt. Die DE 10 2017 110363 A1 beschreibt eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem zunächst einteilig hergestellten ersten Pleuelteil, bei dem die Kolbenstange zwischen dem oberen Pleuelauge und dem Verstellkolben gebrochen wird, um die Kolben- und Stangendichtung, sowie den Zylinderdeckel aufzufädeln, und anschließend durch Schweißen wieder sicher zusammengefügt wird.

Im Gegensatz zum Verschweißen oder Verpressen von Bauteilen zur Herstellung einer sicheren Verbindung zwischen dem Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge besteht beim Einsatz einer Schraubverbindung zwischen dem Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge das grundsätzliche Problem, dass Schraubverbindungen konstruktiv an sich auf eine andauernde Zugbelastung ausgerichtet sind und einer wechselnden Belastung nicht gut standhalten. Durch die oszillierende Belastung der Schraubverbindung ist bei einer längenverstellbaren Pleuelstange dann zwischen den beiden Gewinden der Schraubverbindung kein ständiger zugfester

Kontakt vorhanden, sodass sich die Schraubverbindung lösen kann. Bedingt durch die ständigen Wechsel zwischen extremen Zug- und Druckkräften an der Schraubverbindung beim dauerhaften Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange im Verbrennungsmotor helfen auch einfache Schraubensicherungen, beispielsweise eine adhäsive Verbindung der Gewinde, oder eine aufwändige Fadensicherung nicht, eine ausreichende Festigkeit und Dichtheit der Schraubverbindung, sicherzustellen. Im Stand der Technik werden daher ein ausschließliches oder zusätzliches Verschweißen der Bauteile zur Verbindung von Verstellkolben und Pleuelauge bevorzugt. Dies erfordert neben der eigentlichen Verbindung üblicherweise auch eine Nachbearbeitung des gesamten Pleuelteils.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine sichere und einfach herstellbare Verbindung zwischen Elementen einer gattungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Schraubverbindung ein erstes Gewinde und ein zweites Gewinde aufweist, wobei das erste Gewinde und/oder das zweite Gewinde zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage versehen ist.

Vorzugsweise ist dabei die Gewindesteigung des ersten Gewindes gegenüber der Gewindesteigung des zweiten Gewindes unterschiedlich.

Im Stand der Technik ist es an sich bekannt, einfache Schrauben mit einem Klebstoff, einer Schicht aus einem weichen porösen Metall oder einen sich verformenden Sicherungsfaden zu versehen, um die Schraube nach dem Einschrauben in ein zugehöriges Gewinde zu sichern. Zwar können solche Sicherungsmaßnahmen ein Lösen der Schrauben durch leichte Vibrationen und schwankende Zugbelastungen verhindern, jedoch können derartige Schraubverbindungen den bei einer gattungsgemäßen Pleuelstange im Einsatz auftretenden Wechselbelastungen zwischen extremen Zug- und Druckkräften nicht dauerhaft widerstehen und eine sichere Verbindung zwischen dem Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge gewährleisten. Demgegenüber wird mit der vorliegenden Schraubverbindung mit der Schmelzeinlage – gegebenenfalls ergänzt durch die unterschiedliche Gewindesteigung – ein unregelmäßiger Formschluss und ein zusätzliches Verklemmen oder Verkeilen des ersten Gewindes mit dem zweiten Gewinde erzielt, sodass auch nach vielen Wechselbelastungen zwischen extremen Zug- und Druckkräften ein unbeabsichtigtes Lösen der Schraubverbindung verhindert wird.

Durch die sich zwischen dem ersten und zweiten Gewinde einfügende Schmelzeinlage – gegebenenfalls verbessert durch das unregelmäßige Einfügen aufgrund der unterschiedlichen Gewindesteigung – wird eine relative Bewegung der beiden Teile der Schraubverbindung zuverlässig verhindert, da ein mögliches Lösen der Klemmverbindung zwischen dem ersten und zweiten Gewinde durch die verkeilende Funktion der Schmelzeinlage in der unterschiedlichen Gewindesteigung zwischen den beiden Gewinden dauerhaft verhindert wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass das erste Gewinde und/oder das zweite Gewinde über mindestens 90 Grad, bevorzugt über mindestens 180 Grad des Gewindeumfangs mit der Schmelzeinlage versehen ist. Dies ermöglicht einen einfachen Auftrag der Schmelzeinlage auf das erste bzw. zweite Gewinde der Schraubverbindung. Um eine Schraube möglichst zentriert in einem zugehörigen Gewinde zu positionieren, beispielsweise um eine Kegeldichtfläche möglich mittig in dem zugehörigen Kegeldichtsitz zu positionieren und die Dichtungsfunktion sicher zu stellen, kann das erste Gewinde und/oder das zweite Gewinde besonders bevorzugt über 360 Grad des Gewindeumfangs vollumfänglich mit der Schmelzeinlage versehen sein.

In einer alternativen bzw. ergänzenden Variante kann das erste Gewinde und/oder das zweite Gewinde eine Nut aufweisen, in der die Schmelzeinlage angeordnet ist. Eine Schmelzeinlage, die in Form eines Strangs in der Nut angeordnet ist, lässt sich im Vergleich zu einem entlang des Umfangs auf dem Gewinde aufgetragenen oder aufgesprühten Schmelzeinlage sehr einfach und kostengünstig an dem ersten oder zweiten Gewinde vorsehen.

Für eine saubere Schraubverbindung kann die Schmelzeinlage auf einem Innengewinde der Schraubverbindung angeordnet sein. Dies ermöglicht eine Sicherung des Schmelzmaterials in der Bohrung, sodass auch keine kleinen Partikel der Schmelzeinlage in den Motor oder in das Hydrauliksystem gelangen und dort Schäden verursachen. Weiterhin wird der zwischen dem ersten und zweiten Gewinde unterschiedlicher Gewindeeignung entstehende Spalt vollständig mit der Schmelzeinlage gefüllt, sodass ein sicherer zug- und druckfester Kontakt zwischen den beiden Gewinden der Schraubverbindung entsteht.

Eine weitere Ausbildung sieht vor, dass die Schmelzeinlage ein Metall oder eine Metallegierung umfasst, bevorzugt zumindest eines der folgenden Metalle oder eine der folgenden Metallegierungen: Aluminiummaterial, Kupfermaterial, Zinn-Kupfer-Legierung, Zinn-Kupfer-Nickel-Legierung. Eine derartige Schmelzeinlage kann relativ einfach in einem Sprühverfahren vor dem eigentlichen Montageprozess aufgebracht werden und zusammen mit dem Bauteil

bei der Montage des ersten Pleuelteils bereitgestellt werden. Eine Schmelzeinlage mit einem Metall oder einer Metalllegierung ermöglicht nicht nur eine sichere und nicht lösbare Schraubverbindung, sondern verhindert auch ein Ablösen von Partikeln der Schmelzanlage vor der Montage des ersten Pleuelteils und auch während des Betriebs der längenverstellbaren Pleuelstange in einem Kolbenmotor. Alternativ kann als Schmelzeinlage auch ein Kunststoffmaterial vorgesehen sein, das den im Kolbenmotor herrschenden Temperaturen standhält.

In einer vorteilhaften Ausführung wird als Schmelzeinlage ein Material mit einer Schmelz- oder Plastifizierungstemperatur zwischen 400°C und 1000°C verwendet. Eine derart hohe Schmelz- oder Plastifizierungstemperatur reduziert das Risiko, dass sich Partikel von der Schmelzeinlage lösen und in den Kolbenmotor oder das Hydraulikmittelsystem gelangen und dort Schäden verursachen. Geeignete Schmelzeinlagen sind beispielsweise im Bereich der Hartlote zu finden.

Im Gegensatz zur Selbsthemmung eines herkömmlichen Feingewindes verbessert die unterschiedliche Gewindesteigung zwischen der ersten Gewindesteigung und der zweiten Gewindesteigung die Fixierung der Schraubverbindung gegen ein unbeabsichtigtes Lösen der Gewinde. Gerade bei einer wechselnden Zug- und Druckbelastung der Schraubverbindung im Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange in einem Kolbenmotor kann ein Unterschied zwischen 0,25 µm und 0,8 µm, insbesondere zwischen 0,35 µm und 0,5 µm pro Gewindegang das Lösen der Schraubverbindung in Kombination mit der Schmelzeinlage auf Dauer verhindern. Das Vorsehen einer solchen unterschiedlichen Gewindesteigung erleichtert im Vergleich zu einem Regelgewinde oder einem Feingewinde mit gleicher Gewindesteigung die exakte Fixierung und Sicherung der Komponenten der Schraubverbindung. Darüber hinaus vergleichmäßigt sich auch die Verteilung der axialen Vorspannkraft der Schraubverbindung über die miteinander im Eingriff stehenden Gewindegänge des ersten Gewindes und des zweiten Gewindes. Dabei kann die Varianz der an den Gewindegängen wirkenden axialen Vorspannkraft der Schraubverbindung um bis zu 75 % oder mehr reduziert und gleichzeitig auch die Anzahl der miteinander in Eingriff stehenden Gewindegängen für die Übertragung eines signifikanten Anteils der axialen Vorspannkraft erhöht werden.

Eine zweckmäßige Ausgestaltung sieht vor, dass sich der Unterschied zwischen der ersten Gewindesteigung und der zweiten Gewindesteigung kontinuierlich verändert. Der gleichmäßige Anstieg der Unterschiede zwischen der ersten Gewindesteigung und der zweiten Gewindesteigung verbessert die Vergleichmäßigung der axialen Vorspannkraft der Schraubverbindung über die miteinander in Eingriff stehenden Gewindegänge des ersten Gewindes und des

zweiten Gewindes. Zwar ist der Unterschied der Gewindesteigung der einzelnen Gewindegänge gegenüber den insbesondere bei einem Regelgewinde üblichen Toleranzen der Fertigung als gering zu bewerten, jedoch summieren sich die Unterschiede über die Anzahl der Gewindegänge der Schraubverbindung auf und führen so zu der verbesserten Sicherung der Schraubverbindung und der Vergleichmäßigung der axialen Vorspannkraft über die erfindungsgemäße Schraubverbindung.

Eine sinnvolle Ausführungsform sieht vor, dass die Anzahl der miteinander in Eingriff stehenden Gewindegänge des ersten Gewindes und des zweiten Gewindes zwischen vier und zehn, insbesondere zwischen fünf und acht Gewindegänge beträgt. Die begrenzte Anzahl der miteinander in Eingriff stehenden Gewindegänge ermöglicht so neben der sicheren Verteilung der axialen Vorspannkraft der Schraubverbindung über die Gewindegänge auch eine sichere und komplikationslose Montage der Schraubverbindung zwischen Verstellkolben und erstem Pleuelauge. Dabei verhindert die Begrenzung der Anzahl der miteinander in Eingriff stehenden Gewindegänge in Abhängigkeit des Unterschieds zwischen der ersten und zweiten Gewindesteigung ein unbeabsichtigtes Verklemmen des ersten und zweiten Gewindes bei der Montage und in der Folge eine Beschädigung der Schraubverbindung. Bevorzugt kann die Schraubverbindung mit Schmelzeinlage und unterschiedlicher Gewindesteigung, sechs miteinander in Eingriff stehende Gewindegänge aufweisen, wobei der gesamte Unterschied zwischen der ersten Gewindesteigung und der zweiten Gewindesteigung entlang der Gewindegänge insgesamt $2,5\text{ }\mu\text{m}$ beträgt. Eine solche Gewindepaarung ermöglicht nicht nur eine sichere Montage der erfindungsgemäßen Schraubverbindung, sondern verhindert zusammen mit der Schmelzeinlage das Lösen dieser Schraubverbindung. Dabei verteilt sich die axiale Vorspannkraft dieser Schraubverbindung sehr gleichmäßig über die ersten miteinander in Eingriff stehenden Gewindegänge, sodass sich über die ersten fünf Gewindegänge betrachtet die Varianz der an diesen Gewindegängen wirkenden axialen Vorspannkraft gegenüber einer herkömmlichen Schraubverbindung auf unter 5 % der entsprechenden Varianz der herkömmlichen Schraubverbindung reduziert. Gerade im Hinblick auf die andauernd hohe und wechselnde Belastung einer längenverstellbaren Pleuelstange in einem Kolbenmotor eröffnet eine solche bevorzugte Schraubverbindung eine sichere, feste und belastbare Verbindung zwischen Verstellkolben und erstem Pleuelauge.

Aus Vereinfachungsgründen kann eine den Verstellkolben und das erste Pleuelauge verbindende Kolbenstange vorgesehen sein, wobei die Kolbenstange das erste Gewinde aufweist, insbesondere ein Außengewinde, und der Verstellkolben und/oder das erste Pleuelauge das

zweite Gewinde aufweisen. Die Kolbenstange ermöglicht einen einfachen Aufbau des ersten Pleuelteils mit Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge, wobei sich insbesondere ein Außengewinde einfach auf ein freies Ende der Kolbenstange aufbringen lässt und mit einer besonderen Gewindesteigung versehen lässt. Für eine einfache und sichere Montage, sowie eine dauerhafte Verbindung der Komponenten des ersten Pleuelteils, kann das andere Ende der Kolbenstange fest mit dem jeweils anderen Teil verbunden oder einteilig ausgebildet sein. Die Ausbildung des mit der Kolbenstange verschraubten Verstellkolbens oder Pleuelauges mit einem Innengewinde ermöglicht einen relativ großen Kerndurchmesser der Schraubverbindung, und damit eine hohe Festigkeit.

In einer weiteren Ausgestaltung weist die Zylinder-Kolben-Einheit zumindest einen Druckraum und die hydraulische Steuereinrichtung ein hydraulisches Steuerventil auf, wobei mit dem hydraulischen Steuerventil eine Fluidverbindung zwischen dem zumindest einen Druckraum und einem Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder einer Umgebung der Pleuelstange freigebbar oder sperrbar ist. Günstigerweise weist das hydraulische Steuerventil einen Steuerzylinder, einen in dem Steuerzylinder verschiebbar geführten, mit Druck beaufschlagbaren Steuerschieber und mindestens zwei Ablassventile aufweist, wobei der Steuerschieber mindestens einen Steuerkolben mit mindestens einer Steuerdruckfläche aufweist, die einen Steuerdruckraum im Steuerzylinder begrenzt. Ein solches hydraulische Steuerventil ermöglicht neben der einfachen Konzeption auch eine sichere Funktion und exakte Steuerung der längenverstellbaren Pleuelstange.

Dabei kann dieses Konzept eines in dem Steuersystem verschiebbar geführten Steuerschiebers, die Anforderung an die Toleranzen der Bauteile des hydraulischen Steuerventils, sowie der Abdichtung des Steuerkolbens gegenüber dem Steuerzylinder gering halten. Bei einer stirnseitigen Anordnung des Steuerkolbens kann der Steuerzylinder als einfache Stufenbohrung und die Hydraulikmittelleitungen als einfache Bohrungen ausgebildet sein. Weiter ermöglicht ein stirnseitig angeordneter Steuerkolben eine eindeutige Trennung zwischen den Ablassventilen und dem Steuerdruckraum zur Betätigung und des Steuerschiebers. Für einen konstruktiv einfachen Aufbau des Steuerschiebers kann die dem Steuerdruck aussetzbare Steuerdruckfläche stirnseitig an dem Steuerkolben des Steuerschiebers angeordnet sein.

Ein Ausführungsbeispiel der längenverstellbaren Pleuelstange sieht vor, dass zwei Pleuelteile vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil das erste Pleuelauge und das zweite Pleuelteil das zweite Pleuelauge aufweist, und wobei zur Verstellung des Abstands zwischen Kolbenbolzen und Kurbelwellenzapfen das erste Pleuelteil mittels der Zylinder-Kolben-Einheit relativ

zum zweiten Pleuelteil in Längsrichtung der Pleuelstange bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar in Längsrichtung der Pleuelstange, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und den Pleuelwellenzapfen zu verstellen. Im Gegensatz zu Pleuelstangen mit Exzentern, ermöglichen zwei in Längsrichtung der Pleuelstange zueinander bewegbare Pleuelteile einen stabilen Aufbau, sowie einen sicheren und dauerhaften Betrieb der beiden Pleuelstangen. Dabei kann für einen sehr robusten Aufbau der längenverstellbaren Pleuelstange und die Bereitstellung einfacher und kostengünstiger Pleuelteile im ersten Pleuelteil die Schraubverbindung das erste Pleuelauge mit dem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit verbinden, bevorzugt mittels einer Pleuelstange und das zweite Pleuelteil kann den Zylinder der Zylinder-Kolben-Einheit aufweisen. Dazu kann in dem Gehäuse des zweiten Pleuelteils neben der Zylinderbohrung oder einer Zylinderhülse auch die hydraulische Steuereinrichtung vorgesehen sein.

In einer alternativen Ausbildung kann eine weitere Schraubverbindung zur Befestigung eines Zylinderdeckels der Zylinder-Kolben-Einheit und/oder einer Lagerschale eines zweiten Pleuelauges und/oder von Bauteilen der hydraulischen Steuereinrichtung vorgesehen sein, wobei das erste Gewinde und/oder das zweite Gewinde der weiteren Schraubverbindung zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage versehen ist, wobei vorzugsweise die Gewindesteigung des ersten Gewindes gegenüber der Gewindesteigung des zweiten Gewindes unterschiedlich ist. Auch bei diesen Komponenten der erfindungsgemäßen Pleuelstange verbessert die Schraubverbindung mit Schmelzeinlage und unterschiedlicher Gewindesteigung die Sicherung der Komponenten gegen ein unbeabsichtigtes Lösen der Schraubverbindung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Schraubensicherungen oder zum Einsatz von Feingewinden mit gleicher Gewindesteigung, wird über die unterschiedliche Gewindesteigung der beiden Gewinde der Schraubverbindung und die Schmelzeinlage eine dauerhaft sichere Schraubverbindung realisiert. Dieses Konzept der weiteren Schraubverbindung mit Schmelzeinlage und unterschiedlicher Gewindesteigung zur Befestigung eines Zylinderdeckels, einer Lagerschale oder von Bauteilen der hydraulischen Steuereinrichtung könnte auch unabhängig der Schraubverbindung zwischen dem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit und dem ersten Pleuelauge Schutz genießen und selbstständig weiterverfolgt werden.

Die Erfindung bezieht sich auch auf die Verwendung einer längenverstellbaren Pleuelstange mit einer Schraubverbindung zwischen dem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit und dem ersten Pleuelauge in einem Pleuelmotor, wobei die Schraubverbindung ein erstes Gewinde mit einer ersten Gewindesteigung und ein zweites Gewinde mit einer zweiten Gewindesteigung sowie eine Schmelzeinlage aufweist, und die erste Gewindesteigung gegenüber der

zweiten Gewindesteigung unterschiedlich ist. Diese Schraubverbindung zwischen dem Verstellkolben und dem ersten Pleuelauge, bzw. einer von diesen Komponenten ausgebildeten Kolbenstange, ermöglicht neben einer guten Sicherung der Schraubverbindung gegen ein unbeabsichtigtes Lösen auch eine gleichmäßige Verteilung der axialen Vorspannkraft über die Gewindegänge der Schraubverbindung.

In einem weiteren Aspekt bezieht sich die Erfindung auf einen Kolbenmotor mit mindestens einem Motor-Zylinder, einem in dem Motor-Zylinder bewegbaren Hubkolben und mindestens einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in dem Motor-Zylinder, sowie mit einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange gemäß den vorbeschriebenen Ausführungsformen. Bevorzugt sind sämtliche Hubkolben des Kolbenmotors mit einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange ausgestattet und die hydraulische Steuereinrichtung mit der Motorölhydraulik des Kolbenmotors verbunden. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Kolbenmotors kann beträchtlich sein, wenn in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird. Mittels der Schraubverbindung mit Schmelzeinlage und unterschiedlicher Gewindesteigung zwischen dem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit und dem ersten Pleuelauge zur Aufnahme des Kolbenbolzens des Hubkolbens, wird eine kostengünstige Herstellung und eine sichere Funktion der längenverstellbaren Pleuelstange ermöglicht.

Im Folgenden werden nicht einschränkende Ausführungsformen der Erfindung an Hand beispielhafter Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht einer teilweise freigeschnittenen erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange mit einer schematischen Darstellung des hydraulischen Steuerventils,
- Fig. 2 eine Detailansicht des ersten Pleuelteils aus Fig. 1 mit einer ersten Schraubverbindung,
- Fig. 3 eine Detailansicht des ersten Pleuelteils aus Fig. 2 mit einer anderen Schraubverbindung,
- Fig. 4a eine Schnittansicht der Gewindegänge einer Schraubverbindung aus dem Stand der Technik,

- Fig. 4b eine Schnittansicht der Gewindegänge der Schraubverbindung aus Fig. 4a mit einer Sicherungsschicht, und
- Fig. 4c eine Schnittansicht der Gewindegänge der Schraubverbindung aus Fig. 2 und 3, und
- Fig. 4d eine weitere Schnittansicht der Gewindegänge der Schraubverbindung aus Fig. 2 und 3 mit einer Teil-Nut zur Aufnahme der Sicherungsschicht.

Die in der schematischen Ansicht in Fig. 1 dargestellte längenverstellbare Pleuelstange 1 umfasst zwei teleskopierbar zueinander bewegbare Pleuelteile 2, 3. Das in der Darstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 in Fig. 1 unten angeordnete untere Pleuelteil 2 weist ein großes Pleuelauge 4 auf, mit dem die längenverstellbare Pleuelstange 1 auf der Kurbelwelle (nicht gezeigt) eines Kolbenmotors gelagert ist. Dazu ist am unteren Pleuelteil 2 weiter eine Lagerschale 5 angeordnet, die zusammen mit dem ebenfalls lagerschalenartig ausgebildeten unteren Bereich der unteren Pleuelstange 2 das große Pleuelauge 4 ausbildet. Die Lagerschale 5 und das untere Pleuelteil 2 werden mittels Pleuelschrauben 34 miteinander verbunden.

Das obere Pleuelteil 3 weist einen Pleuelkopf 6 mit einem kleinen Pleuelauge 7 auf, das den Kolbenbolzen (nicht gezeigt) des Hubkolbens im Kolbenmotor aufnimmt. Der Pleuelkopf 6 ist mit einer Kolbenstange 8 und über die Kolbenstange 8 mit einem Verstellkolben 9 der hier als Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstellvorrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 verbunden. Dabei ist der Pleuelkopf 6 mit der Kolbenstange 8 verschraubt, während der Verstellkolben 9 und die Kolbenstange 8 hier einteilig ausgebildet sind. Dies ermöglicht vor einem Zusammenbau des oberen Pleuelteils 3, einen Zylinderdeckel 15 der Zylinder-Kolben-Einheit 10 und eine Stangendichtung 16 auf der Kolbenstange 8 sowie Kolbendichtungen 17, 18 an dem Verstellkolben 9 einfach und beschädigungsfrei anzuordnen.

Das obere Pleuelteil 3 ist über den Verstellkolben 9 teleskopierbar in dem unteren Pleuelteil 2 geführt, um den Abstand zwischen dem im kleinen Pleuelauge 7 aufgenommenen Kolbenbolzen des Hubkolbens und der in dem großen Pleuelauge 4 aufgenommenen Kurbelwelle des Kolbenmotors zu verstellen, und so das Verdichtungsverhältnis des Kolbenmotors an den jeweiligen Betriebszustand anzupassen. Dadurch ist es möglich, den Kolbenmotor im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis als unter Vollastbereich zu betreiben und so den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen.

In dem Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 ist im oberen Bereich ein Zylinder 12 ausgebildet, der als Zylinderbohrung oder Zylinderhülse in das Gehäuse 11 des unteren Pleuelteils 2 eingebracht sein kann. In dem Zylinder 12 ist der Verstellkolben 9 des oberen Pleuelteils 3 in Längsrichtung A der Pleuelstange 1 bewegbar angeordnet, um gemeinsam mit dem Zylinder 12 und dem Zylinderdeckel 15 die Zylinder-Kolben-Einheit 10 auszubilden. Der Verstellkolben 9 ist in Fig. 1 in einer Mittelstellung dargestellt, in der der Verstellkolben 9 den Zylinder 12 in zwei Druckräume 13 und 14 unterteilt. Die Kolbenstange 8 erstreckt sich von dem Verstellkolben 9 durch den oberen Druckraum 14 und den Zylinderdeckel 15 hindurch, der das Gehäuse 11 und den Zylinder 12 nach oben hin begrenzt. In dem Zylinderdeckel 15 ist eine Stangendichtung 16 aufgenommen, die die Kolbenstange 8 umgibt und den oberen Druckraum 14 gegenüber der Umgebung abdichtet. Die beiden auf dem Verstellkolben 9 angeordneten Kolbendichtungen 17, 18 dichten den Verstellkolben 9 gegenüber dem Zylinder 12 und damit auch die Druckräume 13, 14 zueinander ab. Die Unterseite 19 des Zylinderdeckels 15 bildet einen oberen Anschlag aus, an dem der Verstellkolben 9 in der oberen Stellung, der langen Stellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1, anliegt, während in der unteren Stellung (Kurzstellung) der längenverstellbaren Pleuelstange 1 der Verstellkolben 9 an dem vom Zylinderboden 20 ausgebildeten unteren Anschlag anliegt.

Mit einer hydraulischen Steuereinrichtung 21 ist der Abstand zwischen Kolbenbolzen und Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung A der Pleuelstange 1 einstellbar. Im Folgenden wird anhand der in Fig. 1 dargestellten hydraulischen Verschaltung der Steuereinrichtung 21 die Versorgung der Zylinder-Kolben-Einheit 10 mit Hydraulikmittel näher erläutert. Die beiden Druckräume 13, 14 sind jeweils über getrennte Hydraulikmittelleitungen 22, 23 und separate Rückschlagventile 24, 25 und einem gemeinsamen Ölversorgungskanal 26, der in dem großen Pleuelauge 4 mündet, mit dem Motorölkreislauf des Kolbenmotors verbunden. Die Rückschlagventile 24, 25 sind dabei in Richtung der Druckräume 13, 14 öffnend ausgeführt.

Ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in der langen Position, befindet sich im oberen Druckraum 14 kein Motoröl, während der untere Druckraum 13 hingegen vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Während des Betriebs wird die Pleuelstange 1 aufgrund der Massen- und Gaskräfte alternierend auf Zug und Druck belastet. In der langen Stellung wird die Zugkraft durch den mechanischen Kontakt des Verstellkolbens 9 mit der Unterseite 19 des Zylinderdeckels 15 aufgenommen. Die Länge der Pleuelstange 1 verändert sich dadurch nicht. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf den mit Motoröl gefüllten unteren Druckraum 13

übertragen. Da das dem unteren Druckraum 13 zugeordnete Rückschlagventil 25 ein Ausströmen des Motoröls verhindert, steigt der Druck des Motoröls stark an und verhindert eine Änderung der Pleuellänge. Dadurch ist die längenverstellbare Pleuelstange 1 in dieser Bewegungsrichtung hydraulisch gesperrt.

In der Kurzstellung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 drehen sich die Verhältnisse um. Der untere Druckraum 13 ist vollständig leer und eine Druckkraft wird durch den mechanischen Anschlag des Verstellkolbens 9 am Zylinderboden 20 aufgenommen, während der obere Druckraum 14 mit Motoröl gefüllt ist, so dass eine Zugkraft auf die längenverstellbare Pleuelstange 1 einen Druckanstieg im oberen Druckraum 14 verursacht und damit eine hydraulische Sperrung bewirkt.

Die Pleuellänge der hier dargestellten längenverstellbaren Pleuelstange 1 kann zweistufig verstellt werden, indem einer der beiden Druckräume 13, 14 entleert wird und der jeweils andere Druckraum 13, 14 mit Motoröl gefüllt wird. Hierzu wird von der hydraulischen Steuereinrichtung 21 jeweils eines der Rückschlagventile 24, 25 überbrückt, so dass das Motoröl aus dem bisher gefüllten Druckraum 13, 14 abfließen kann. Das jeweilige Rückschlagventil 24, 25 verliert so seine Wirkung. Dazu umfasst die hydraulische Steuereinrichtung 21 ein hydraulisches Steuerventil 27, hier ein 3/2-Wegeventil 27, dessen beiden schaltbaren Anschlüsse 30 jeweils über eine Drossel 28, 29 mit einer Hydraulikmittelleitung 22, 23 der Druckräume 13, 14 verbunden sind. Dabei ist ein erster Anschluss 30 dem oberen Druckraum 13 zugeordnet und ein zweiter Anschluss 30 dem oberen Druckraum 14.

Das 3/2-Wegeventil 27 wird über den Druck des Motoröls betätigt, der dem 3/2-Wegeventil 27 über eine mit dem Ölversorgungskanal 26 verbundene Steuerdruckleitung 31 zugeführt wird. Die Rückstellung des 3/2-Wegeventils 27 erfolgt durch eine Rückstellfeder 32. Die beiden schaltbaren Anschlüsse 30 des 3/2-Wegeventils 27 sind mit einem Abströmkanal 33 verbunden, der das aus den Druckräumen 13, 14 abgeführte Motoröl an den Ölversorgungskanal 26 abgibt, von wo aus es zur Befüllung des jeweils anderen Druckraums 14, 13 zur Verfügung steht und/oder über das große Pleuelauge 4 an den Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder an die Umgebung abgegeben werden kann. Über das Steuerventil 27 ist damit eine Fluidverbindung zwischen zumindest einem Druckraum 13, 14 und einem Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder einer Umgebung der Pleuelstange 1 freigebbar oder sperrbar. Im dargestellten Ausführungsbeispiel mit unterem 13 und oberem Druckraum 14 ist jeweils wechselseitig die Fluidverbindung eines Druckraums 13, 14 freigegeben und die Fluidverbindung des anderen Druckraums 14, 13 gesperrt. Bei besagtem Motorölkreislauf der Kolbenmaschine

kann es sich auch um einen separaten Ölkreislauf zum Steuern der Längenverstellung handeln.

In der in Fig. 1 dargestellten Vorzugslage des 3/2-Wegeventils 27 ist der obere Druckraum 14 geöffnet. Alternativ kann der Abströmkanal 33 das Motoröl direkt an die Umgebung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 abgeben.

Bei dem 3/2-Wegeventil 27 ist jeweils einer der schaltbaren Anschlüsse 30 geöffnet, so dass der zugehörige Druckraum 13, 14 geleert ist, während der andere Anschluss 30 geschlossen ist. Bei einer Veränderung der Schaltstellung des 3/2-Wegeventils 27, durch das Anliegen eines höheren Steuerdrucks über die Steuerdruckleitung 31 oder durch eine Rückstellung über die Rückstellfeder 32 bei einem abnehmenden Steuerdruck, wird der bisher geöffnete Anschluss 30 geschlossen und der bisher geschlossene Anschluss 30 geöffnet. Infolgedessen strömt aus dem bisher mit Motoröl gefüllten Druckraum 13, 14 das unter hohem Druck stehende Motoröl über die jeweilige Hydraulikmittelleitung 22, 23 sowie die zugehörige Drossel 28, 29 durch den geöffneten Anschluss 30 des 3/2-Wegeventils 27 und den Abströmkanal 33 in den Ölersorgungs kanal 26. Gleichzeitig entsteht durch die in einem Kolbenmotor während der Hubbewegung der Pleuelstange 1 wirkenden Massen- und Gaskräfte in dem bisher leeren Druckraum 14, 13 eine Sogwirkung, durch die sich das zugehörige Rückschlagventil 24, 25 öffnet, so dass sich der bisher leere Druckraum 14, 13 über den Ölersorgungs kanal 26 mit Motoröl füllt.

Mit zunehmender Füllung dieses Druckraums 14, 13 wird aus dem anderen Druckraum 13, 14 zunehmend das Motoröl über den geöffneten Anschluss 30 abgeführt, wodurch sich die Länge der Pleuelstange 1 ändert. Je nach Ausgestaltung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 sowie der hydraulischen Steuereinrichtung 21 und dem Betriebszustand des Kolbenmotors können mehrere Hübe der Pleuelstange 1 erforderlich sein, bis der von der hydraulischen Steuereinrichtung 21 gesperrte Druckraum 14, 13 vollständig mit Motoröl gefüllt ist sowie der andere geöffnete Druckraum 13, 14 vollständig geleert ist und so die maximal mögliche Längenänderung der Pleuelstange 1 erreicht ist.

Eine vergrößerte Detailansicht des oberen Pleuelteils 3 aus Fig. 1 ist in Fig. 2 dargestellt, wobei sowohl der Zylinderdeckel 15 und der Verstellkolben 9, aber auch Teile des Pleuelkopfs 6 geschnitten gezeigt sind. Die Kolbenstange 8 ist fest oder einteilig mit dem Verstellkolben 9 verbunden und weist an ihrem freien oberen Ende ein erstes Gewinde 35 auf, das als Außengewinde ausgebildet ist, und mit einem zugehörigen zweiten Gewinde 36 im Pleuelkopf 6, das

als Innengewinde ausgebildet ist, in Eingriff steht. Das erste Gewinde 35 auf der Kolbenstange 8 und das zweite Gewinde 36 im Pleuelkopf 6 bilden gemeinsam eine Schraubverbindung 37 mit einer unterschiedlichen Gewindesteigung P aus, um den Verstellkolben 9 der Zylinder-Kolben-Einheit 10 sicher mit dem Pleuelkopf 6 mit Pleuelauge 7 zu verbinden.

Dabei wird das als Innengewinde ausgebildete zweite Gewinde 36 im Pleuelkopf 6 bereits vor der Montage mit einer Schmelzeinlage 40 versehen, die bevorzugt entlang des gesamten Umfangs des zweiten Gewindes 36 aufgetragen wird. Bei der Montage des oberen Pleuelteils 3 wird vor einem Aufschrauben des Pleuelkopfs 6 auf das erste Gewinde 35 der Kolbenstange 8 die obere Kolbendichtung 18 über die Kolbenstange 8 hinweg auf den Verstellkolben 9 aufgeschoben und dort beschädigungsfrei fixiert, beispielsweise mittels eines Sicherungsringes. Anschließend wird die Stangendichtung 16 und der Zylinderdeckel 15 auf die Kolbenstange 8 aufgeschoben, bevor die Kolbenstange 8 in das zweite mit der Schmelzeinlage 40 versehene Gewinde 36 im Pleuelkopf 6 eingeschraubt wird.

Die auf der Kolbenstange 8 angeordnete Stangendichtung 16, sowie die am Umfang des Verstellkolbens 9 vorgesehenen Kolbendichtungen 17, 18 müssen im Hinblick auf die in den Druckräumen 13, 14 vorliegenden hohen Systemdrücken von über 1000 bar beim Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange 1 eine sichere Abdichtung der Druckräume 13, 14 ermöglichen. Entsprechend empfindlich reagieren derartige Hochdruckdichtungen auf mechanische Belastungen außerhalb der vorgegebenen Grenzen. Daher müssen sowohl die Stangendichtung 16, aber auch die obere Kolbendichtung 18 vor einer Verbindung der Kolbenstange 8 mit dem Pleuelkopf 6 an ihren Positionen angeordnet und beim Einschrauben des ersten Gewindes 35 in das zweite Gewinde 36 geschützt werden.

Beim Einschrauben des ersten Gewindes 35, dem auf dem Ende auf der Kolbenstange 8 ausgebildeten Außengewinde, in das mit der Schmelzeinlage 40 versehene zweite Gewinde 36 innerhalb des Pleuelkopfs 6 wird die Schmelzeinlage 40 durch die entstehende Reibungswärme oder zusätzlich eingebrachte Wärme plastifiziert oder geschmolzen, sodass das erste Gewinde 35 in das zweite Gewinde 36 eingeschraubt werden kann. Da als Schmelzeinlage sehr unterschiedliche Materialien in Frage kommen, beispielsweise ein Hartlot mit Aluminium, Kupfer oder Legierungen aus Zinn-Kupfer oder Zinn-Kupfer-Nickel, oder ein entsprechend temperaturstabilisiertes Kunststoffmaterial, kann für die Plastifizierung der Schmelzeinlage 40 bereits die bei einem Anziehen der Schraubverbindung 37 entstehende Reibungswärme ausreichen. Alternativ oder zusätzlich kann das erste Gewinde auf der Kolbenstange 8 oder das

zweite Gewinde 36 im Pleuelkopf 6 vor dem Verschrauben angewärmt werden. Durch die Erwärmung der Schraubverbindung 37 wird die Schmelzeinlage 40 weich und drückt sich beim Anziehen der Schraubverbindung 37 leicht an und zwischen die Oberflächen des ersten Gewindes 35 und zweiten Gewindes 36. Da im dargestellten Ausführungsbeispiel die Gewindesteigung P des ersten Gewindes 35 zu der Gewindesteigung P des zweiten Gewindes 36 unterschiedlich ist, verteilt sich die Schmelzeinlage 40 ungleichmäßig über die Gewindegänge G_1 bis G_5 der Schraubverbindung 37. Dies führt nach dem Abkühlen des oberen Pleuelteils 3 nicht nur zu einer Schraubverbindung 37 mit einer deutlich erhöhten Dauerfestigkeit, sondern auch zu einer guten Beständigkeit der Schraubverbindung 37 gegen extreme Wechselbelastungen mit Zug- und Druckkräften.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines oberen Pleuelteils 3 für eine erfindungsgemäße längenverstellbare Pleuelstange 1. Im Gegensatz zu der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform ist hier der Pleuelkopf 6 fest oder einteilig mit der Kolbenstange 8 verbunden und das als Außengewinde am freien Ende der Kolbenstange 8 vorgesehene erste Gewinde 35 steht mit einem als Innengewinde ausgebildeten zweiten Gewinde 36 im Verstellkolben 9 in Eingriff, um eine andere Schraubverbindung 38 mit unterschiedlicher Gewindesteigung auszubilden. Auch bei dieser Ausführungsform des oberen Pleuelteils 3 wird vor dem Verbinden der Kolbenstange 8 mit dem Verstellkolben 9 die obere Kolbendichtung 18 auf dem Verstellkolben 9 angeordnet und die Stangendichtung 16 und der Zylinderdeckel 15 auf die Kolbenstange 8 aufgeschoben, bevor die Kolbenstange 8 mit dem ersten Gewinde 35 in das zweite Gewinde 36 am Verstellkolben 9 eingeschraubt wird.

Weiter ist auch hier auf dem als Innengewinde ausgebildeten zweiten Gewinde 36 im Verstellkolben 9 eine Schmelzeinlage 40 aufgebracht. Dabei wird die Schmelzeinlage 40 bereits bei der Herstellung des Verstellkolbens 9 auf dem Innengewinde 36 aufgetragen, beispielsweise durch Anspitzen, Aufsprühen oder Auftragen der auf eine Temperatur oberhalb der Plastifizierungs- oder Schmelztemperatur erwärmten Schmelzeinlage 40. Alternativ kann in dem zweiten Gewinde 36 im Verstellkolben 9 oder im ersten Gewinde 35 der Kolbenstange 8 auch eine Längsnut 42 quer zu dem ersten oder zweiten Gewinde 35, 36 vorgesehen sein, in dem dann ohne eine Temperierung ein Strang der Schmelzeinlage 40 eingelegt werden kann.

Zur Montage des oberen Pleuelteils 3 wird beim Zusammenschrauben der Schraubverbindung 38 die Schmelzeinlage 40 durch die beim Einschrauben entstehende Reibungswärme und eine optionale Wärmezufuhr plastifiziert, sodass sich die Schmelzeinlage 40 an und zwischen die Oberflächen des ersten Gewindes 35 und des zweiten Gewindes 36 andrückt, um einen

vollständigen Formschluss auszubilden. Überschüssiges Material der Schmelzanlage 40 wird beim Anziehen der Schraubverbindung 38 auch hier wieder in das als Innengewinde ausgebildete zweite Gewinde 36 hineingedrückt, sodass ein Risiko eines Eintrags von Partikeln einer Schmelzeinlage 40 in die Zylinder-Kolben-Einheit 10 oder die hydraulische Steuereinrichtung 21 vermieden wird.

Im Gegensatz zu der Schraubverbindung 37 zwischen der Kolbenstange 8 und dem Pleuelkopf 6 in Fig. 2 weist die Schraubverbindung 38 zwischen der Kolbenstange 8 und dem Verstellkolben 9 in Fig. 3 einen etwas größeren Kerndurchmesser auf, der durch den größeren Stirndurchmesser des Verstellkolbens 9 ermöglicht wird. Dabei wird der größere Kerndurchmesser des ersten Gewindes 35 an der Kolbenstange 8 durch die beschädigungsfreie Montage des Zylinderdeckel 15 und der Stangendichtung 16 auf der Kolbenstange 8 begrenzt.

Die Schnittansicht in Fig. 4a zeigt eine herkömmliche Schraubverbindung 39 aus dem Stand der Technik mit gleicher Gewindesteigung P und ohne Schmelzeinlage 40. Dabei ist die Gewindesteigung $P_1 - P_5$ der einzelnen Gewindegänge $G_1 - G_5$ (nur G_1 eingezeichnet) des ersten Gewindes 35' jeweils gleichbleibend ($P_1=P_2=P_3=P_4=P_5$) und auch gleich gegenüber der Gewindesteigung $P_1 - P_5$ der Gewindegänge $G_1 - G_5$ (nur G_1 eingezeichnet) des zweiten Gewindes 36' der herkömmlichen Schraubverbindung 39.

Die Vorspannkraft dieser herkömmlichen Schraubverbindung 39 wird im Wesentlichen an dem ersten oder den ersten beiden Gewindegängen G_1, G_2 , übertragen und nimmt in Richtung des letzten Gewindegangs G_5 signifikant ab. Bei einer wechselnden Zug- und Druckbelastung dieser herkömmlichen Schraubverbindung 39 ohne Schmelzeinlage 40 löst sich diese relativ schnell durch die dynamischen Belastungen an der Schraubverbindung 39.

Die Verwendung einer Sicherungseinlage 41 für eine solche herkömmliche Schraubverbindung 39, wie in Fig. 4b dargestellt, erhöht zwar die Verliersicherheit und ermöglicht dadurch begrenzte dynamische Belastungen der Schraubverbindung 39, jedoch kann auch eine solche herkömmliche Schraubverbindung 39 auf Dauer keinen extremen Zug- und Druckbelastungen standhalten. Wie in Fig. 4b gezeigt, entsteht bei der Schraubverbindung 39 durch die Sicherungseinlage 41 ein im Wesentlichen gleichmäßiger Formschluss zwischen dem ersten Gewinde 35' und dem zweiten Gewinde 36', der jedoch einem andauernden Belastungswechsel mit extremen Zug- und Druckkräften nicht widersteht. Demgegenüber ist bei einer Schraubverbindung 37, 38 mit Schmelzeinlage 40 und einer unterschiedlichen Gewindesteigung P wie

im dargestellten Ausführungsbeispiel für die Verbindung des Pleuelkopf 6 mit dem Verstellkolben 9 in einer erfindungsgemäßen Pleuelstange 1 der Formschluss zwischen dem ersten und zweiten Gewinde 35, 36 ungleichmäßig. Die Gewindesteigung $P_1 - P_5$ des ersten Gewindes 35, dem in Fig. 4c dargestellten Innengewinde, ist unterschiedlich und steigt in der in Fig. 4c gezeigten Ausführungsform der Schraubverbindung 37, 38 kontinuierlich an ($P_1 < P_2 < P_3 < P_4 < P_5$). Demgegenüber ist die Gewindesteigung $P_1 - P_5$ der Gewindegänge $G_1 - G_5$ des zweiten Gewindes 36 der Schraubverbindung 37, 38 mit unterschiedlicher Gewindesteigung P (Außengewinde) in etwa gleichmäßig und entspricht im Wesentlichen dem aus dem Stand der Technik bekannten zweiten Gewinde 36'.

Wie in Fig. 4c gut zu erkennen, nimmt in Richtung des ersten Gewindegangs G_1 die Dicke der Schmelzeinlage 40 zwischen dem ersten Gewinde 35 und dem zweiten Gewinde 36 zu, und bildet so einen ungleichmäßigen Formschluss zwischen den beiden Gewinden 35, 36 der Schraubverbindungen 37, 38 einer erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange 1 aus. Der ungleichmäßige Formschluss der Schraubverbindung 37, 38 durch die Schmelzeinlage 40 zwischen dem ersten Gewinde 35 und dem zweiten Gewinde 36 ermöglicht eine dauerhafte Übertragung von oszillierenden Belastungen der Schraubverbindung 37, 38 durch wechselnde Zug- und Druckkräfte oder Vibrationen und bietet somit eine sichere Möglichkeit der Verbindung der Bauteile des oberen Pleuelteils 3. Darüber hinaus kann durch die unterschiedliche Gewindesteigung P die axiale Vorspannkraft im Verhältnis zu einer herkömmlichen Schraubverbindung 39 signifikant gesteigert werden, ohne das Risiko eines Ausreißens von Gewindegängen G zu erhöhen.

Fig. 4d zeigt im Wesentlichen die Anordnung aus Fig. 4c, wobei im ersten Gewinde 35 teilweise eine Längsnut 42 ausgeführt ist, in die ein Strang der Schmelzeinlage 40 eingelegt ist. Der verbleibende Teil des ersten Gewindes 35 ist ausgeführt wie in Fig. 4c. Die Längsnut 42 verläuft im dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen parallel zur Längsrichtung A der Pleuelstange 1 über einen Teil des ersten Gewindes 35. Das erste Gewinde 35 ist über einen oder mehrere Gewindegänge zumindest abschnittsweise unterbrochen und bildet dadurch die Längsnut 42 zur Aufnahme der Schmelzeinlage 40. Es sind auch Ausführungen möglich, in denen die Längsnut 42 geneigt zur Längsrichtung A und/oder im ersten 35 und/oder zweiten Gewinde 36 und/oder über das jeweils gesamte Gewinde 35, 36 ausgeführt ist oder zu je einem Teil in einem Gewinde 35, 36 verläuft.

Mit der vorliegenden Schraubverbindung 37, 38 mit Schmelzeinlage 40 und unterschiedlicher Gewindesteigung P für die Verbindung des Verstellkolbens 9 mit dem Pleuelkopf 6 des oberen

Pleuelteils 3 einer erfindungsgemäßen Pleuelstange 1 wird die axiale Vorspannkraft relativ gleichmäßig über die Gewindegänge $G_1 - G_5$ des ersten Gewindes 35 und des zweiten Gewindes 36 der Schraubverbindung 37, 38 übertragen, wobei insbesondere eine kontinuierliche Veränderung der Gewindesteigung $P_1 - P_5$ entlang des ersten oder zweiten Gewindes 35, 36 die Vergleichmäßigung der axialen Vorspannkraft der Schraubverbindung 37, 38 optimiert. In der Darstellung der Schraubverbindung 37, 38 in Fig. 4 ist sehr gut die konstruktive Wirkung der unterschiedlichen Gewindesteigung $P_1 - P_5$ mit einer in Richtung des ersten Gewindegangs G_1 zunehmenden Dicke der Schmelzeinlage 40 zwischen dem ersten Gewinde 35 und dem zweiten Gewinde 36 zu erkennen.

Bezugszeichenliste

1	längenverstellbare Pleuelstange
2	unteres Pleuelteil
3	oberes Pleuelteil
4	Pleuelauge
5	Lagerschale
6	Pleuelkopf
7	Pleuelauge
8	Kolbenstange
9	Verstellkolben
10	Zylinder-Kolben-Einheit
11	Gehäuse
12	Zylinder
13	Druckraum
14	Druckraum
15	Zylinderdeckel
16	Stangendichtung
17	Kolbendichtung
18	Kolbendichtung
19	Unterseite
20	Zylinderboden
21	hydraulische Steuereinrichtung
22	Hydraulikmittelleitung
23	Hydraulikmittelleitung
24	Rückschlagventil
25	Rückschlagventil

26	Ölversorgung
27	hydraulisches Steuerventil
28	Drossel
29	Drossel
30	Anschlüsse
31	Steuerdruckleitung
32	Rückstellfeder
33	Abströmkanal
34	Pleuelschraube
35, 35'	erstes Gewinde
36, 36'	zweites Gewinde
37	Schraubverbindung
38	Schraubverbindung
39	herkömmliche Schraubverbindung
40	Schmelzeinlage
41	Sicherungseinlage
42	Längsnut

A	Längsrichtung
G ₁ – G ₅	Gewindegänge
P ₁ – P ₅	Gewindesteigung

Ansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (10) mit zumindest einem Zylinder (12) und zumindest einem Verstellkolben (9) einstellbar ist, und wobei der Verstellkolben (9) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) und das erste Pleuelauge (7) mittels zumindest einer Schraubverbindung (37, 38) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schraubverbindung (37, 38) ein erstes Gewinde (35) und ein zweites Gewinde (36) aufweist, wobei das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage (40) versehen ist.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewindesteigung (P) des ersten Gewindes (35) gegenüber der Gewindesteigung (P) des zweiten Gewindes (36) unterschiedlich ist.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) über mindestens 90°, bevorzugt über mindestens 180°, besonders bevorzugt über 360° des Gewindeumfangs mit der Schmelzeinlage (40) versehen ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) eine Nut (42) aufweist in der die Schmelzeinlage (40) angeordnet ist.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelzeinlage (40) auf einem Innengewinde der Schraubverbindung (37, 38) angeordnet ist.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelzeinlage (40) ein Metall oder eine Metalllegierung umfasst, bevorzugt zumindest eines der folgenden Metalle oder eine der folgenden Metalllegierungen: Aluminiummaterial, Kupfermaterial, Zinn-Kupfer-Legierung, Zinn-Kupfer-Nickel-Legierung.

7. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass als Schmelzeinlage (40) ein Material mit einer Schmelz- oder Plastifizierungstemperatur zwischen 400 °C und 1000 °C verwendet wird.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der Unterschied zwischen einer ersten Gewindesteigung und einer folgenden Gewindesteigung pro Gewindegang (G) zwischen 0,25 und 0,8 µm beträgt, insbesondere zwischen 0,35 und 0,5 µm beträgt.
9. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass sich der Unterschied zwischen der ersten Gewindesteigung und den folgenden Gewindesteigungen kontinuierlich verändert.
10. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl miteinander in Eingriff stehender Gewindegänge (G) des ersten Gewindes (35) und des zweiten Gewindes (36) zwischen vier und zehn, bevorzugt zwischen fünf und acht Gewindegänge (G) beträgt.
11. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass eine den Verstellkolben (9) und das erste Pleuelauge (7) verbindende Kolbenstange (8) vorgesehen ist, wobei die Kolbenstange (8) das erste Gewinde (35) aufweist und der Verstellkolben (9) und/oder das erste Pleuelauge (7) das zweite Gewinde (36) aufweist.
12. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder-Kolben-Einheit (10) zumindest einen Druckraum (13, 14) und die hydraulische Steuereinrichtung (21) ein hydraulisches Steuerventil (27) aufweist, wobei mit dem hydraulischen Steuerventil (27) eine Fluidverbindung zwischen dem zumindest einen Druckraum (13, 14) und einem Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder einer Umgebung der Pleuelstange (1) freigebbar oder sperrbar ist.
13. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass zwei Pleuelteile (2, 3) vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil (3) das erste Pleuelauge (7) und das zweite Pleuelteil (2) das zweite Pleuelauge (4) aufweist, und wobei zur Verstellung des Abstands zwischen Kolbenbolzen und Pleuellwellenzapfen das erste Pleuelteil (3) mittels der Zylinder-Kolben-Einheit (10) relativ zum

zweiten Pleuelteil (2) bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar bewegbar ist, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen zu verstellen.

14. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine weitere Schraubverbindung zur Befestigung eines Zylinderdeckels (15) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) und/oder einer Lagerschale (5) des zweiten Pleuelauges (4), und/oder von Bauteilen der hydraulischen Steuereinrichtung (21) vorgesehen ist, wobei das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) der weiteren Schraubverbindung zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage (40) versehen ist, wobei vorzugsweise die Gewindesteigung des ersten Gewindes (35) gegenüber der Gewindesteigung des zweiten Gewindes (36) unterschiedlich ist.
15. Kolbenmotor mit mindestens einem Motor-Zylinder, einem sich in dem Motor-Zylinder bewegenden Hubkolben und mindestens einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in dem Motor-Zylinder, sowie mit einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

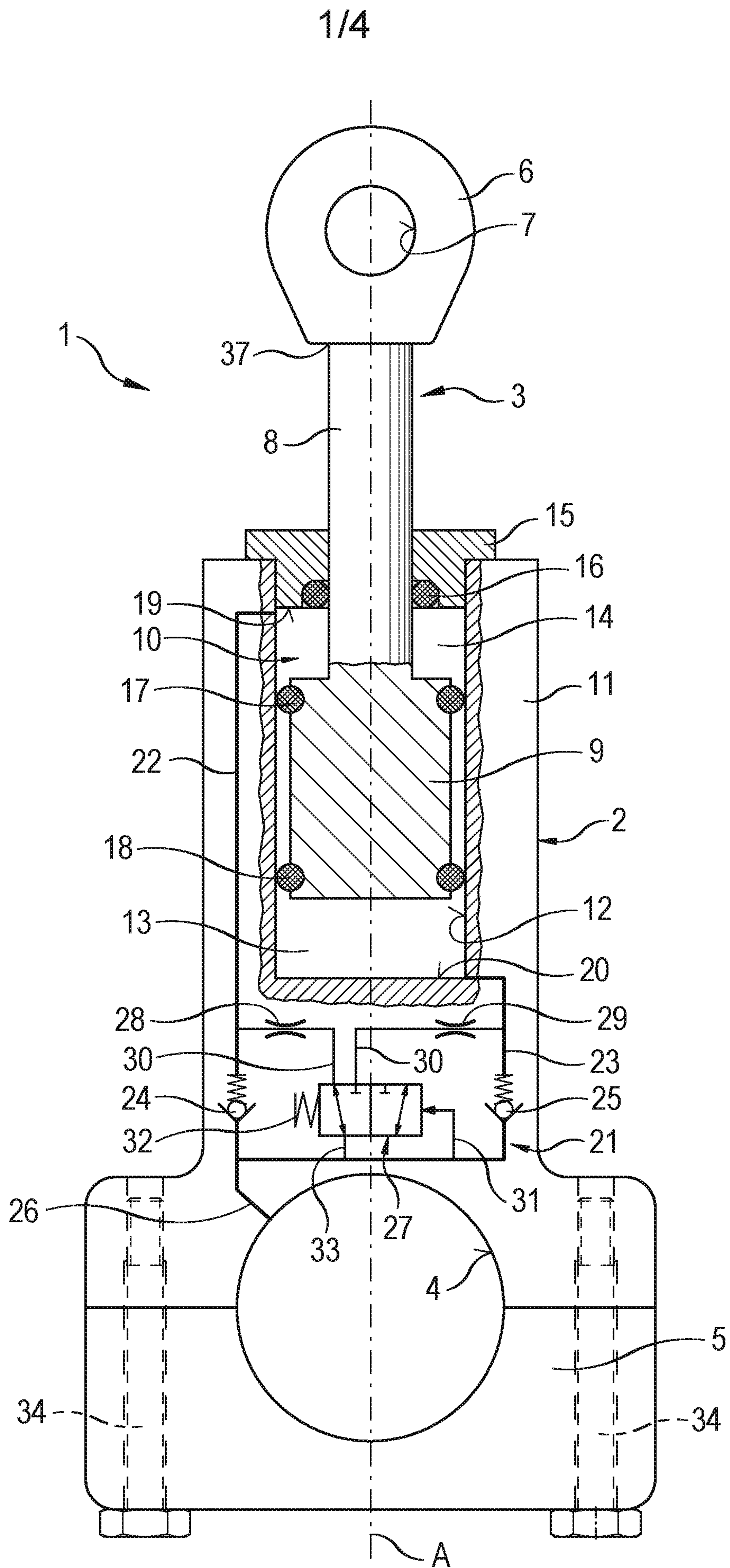


Fig. 1

2/4

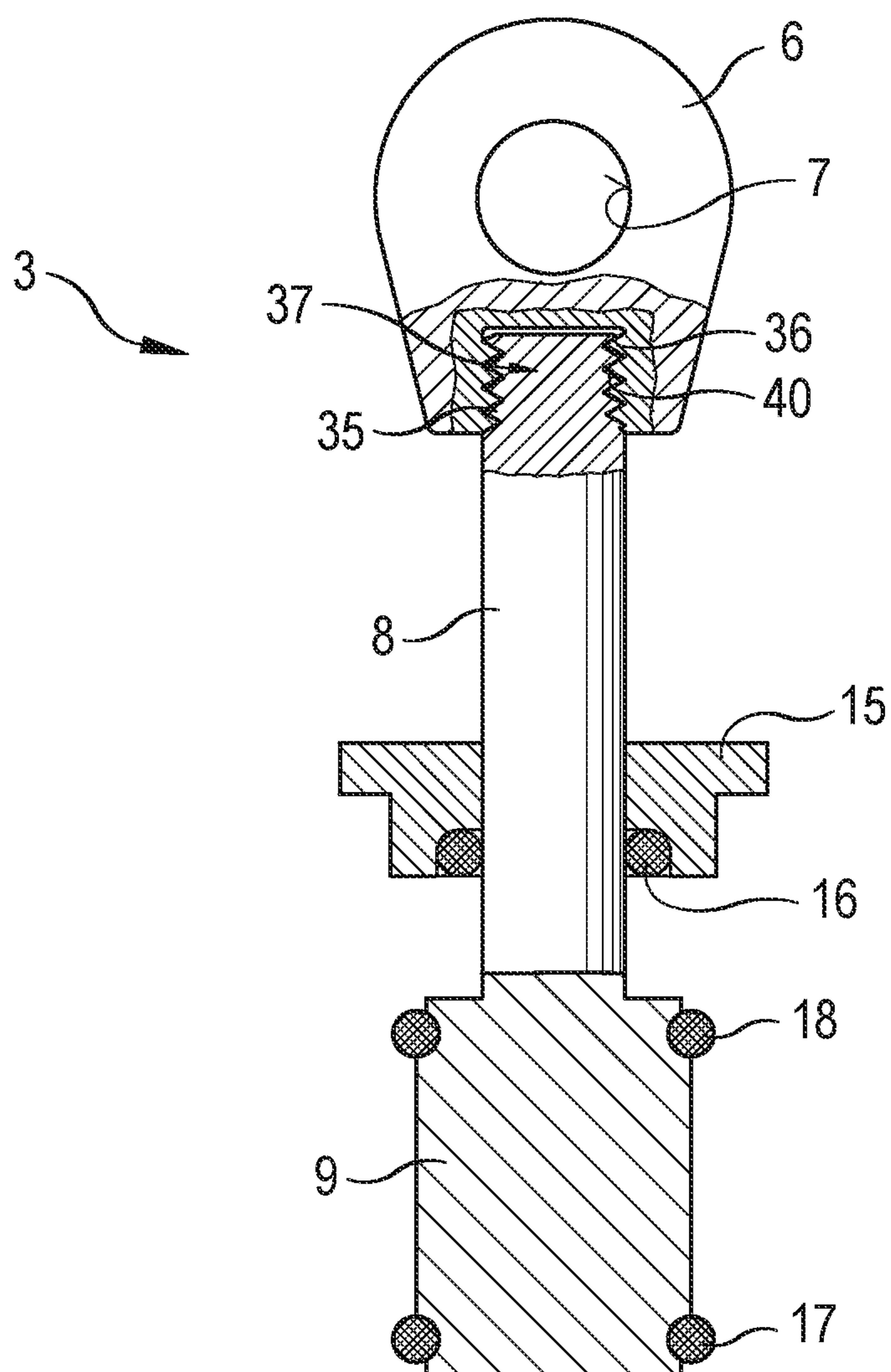


Fig. 2

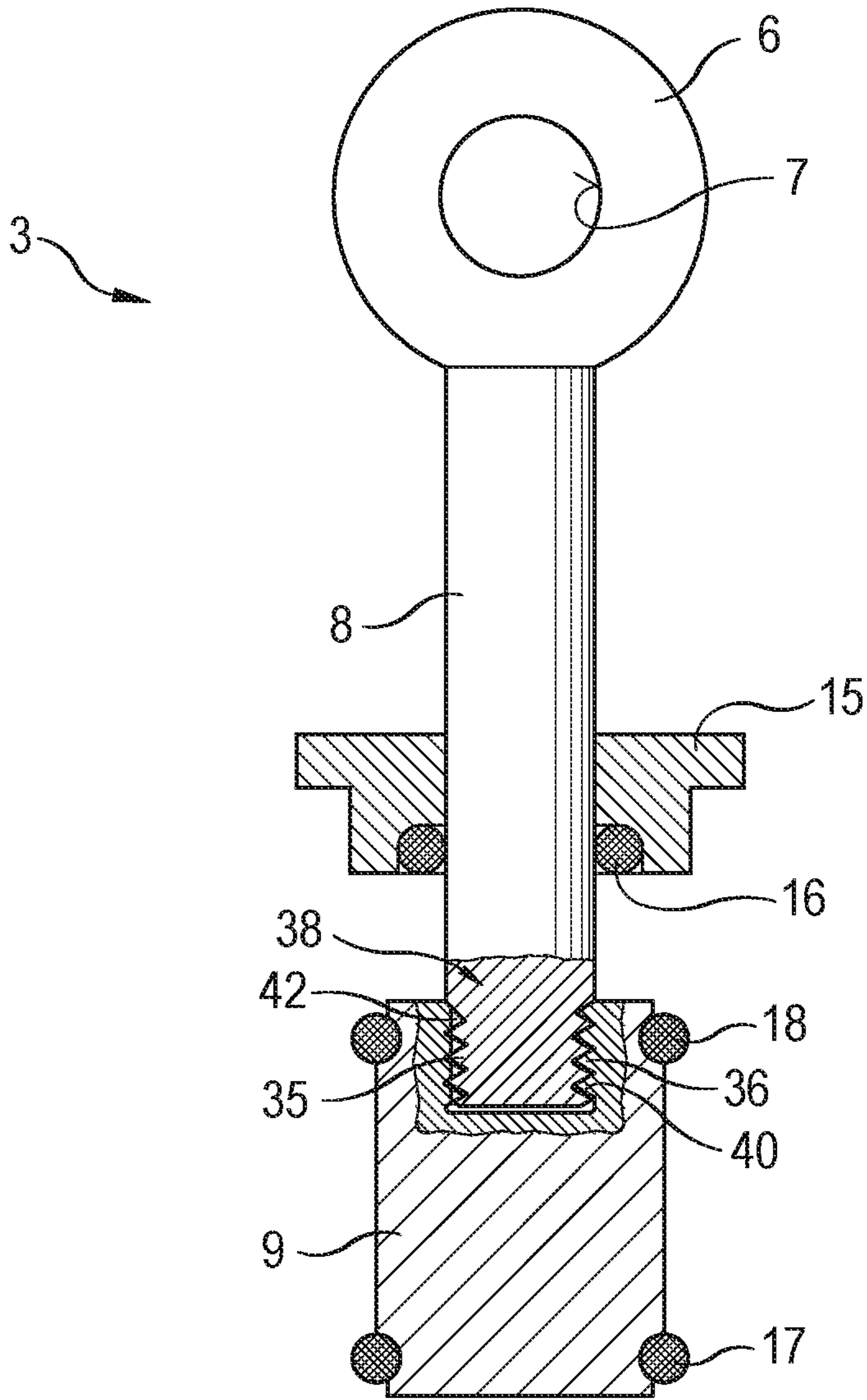
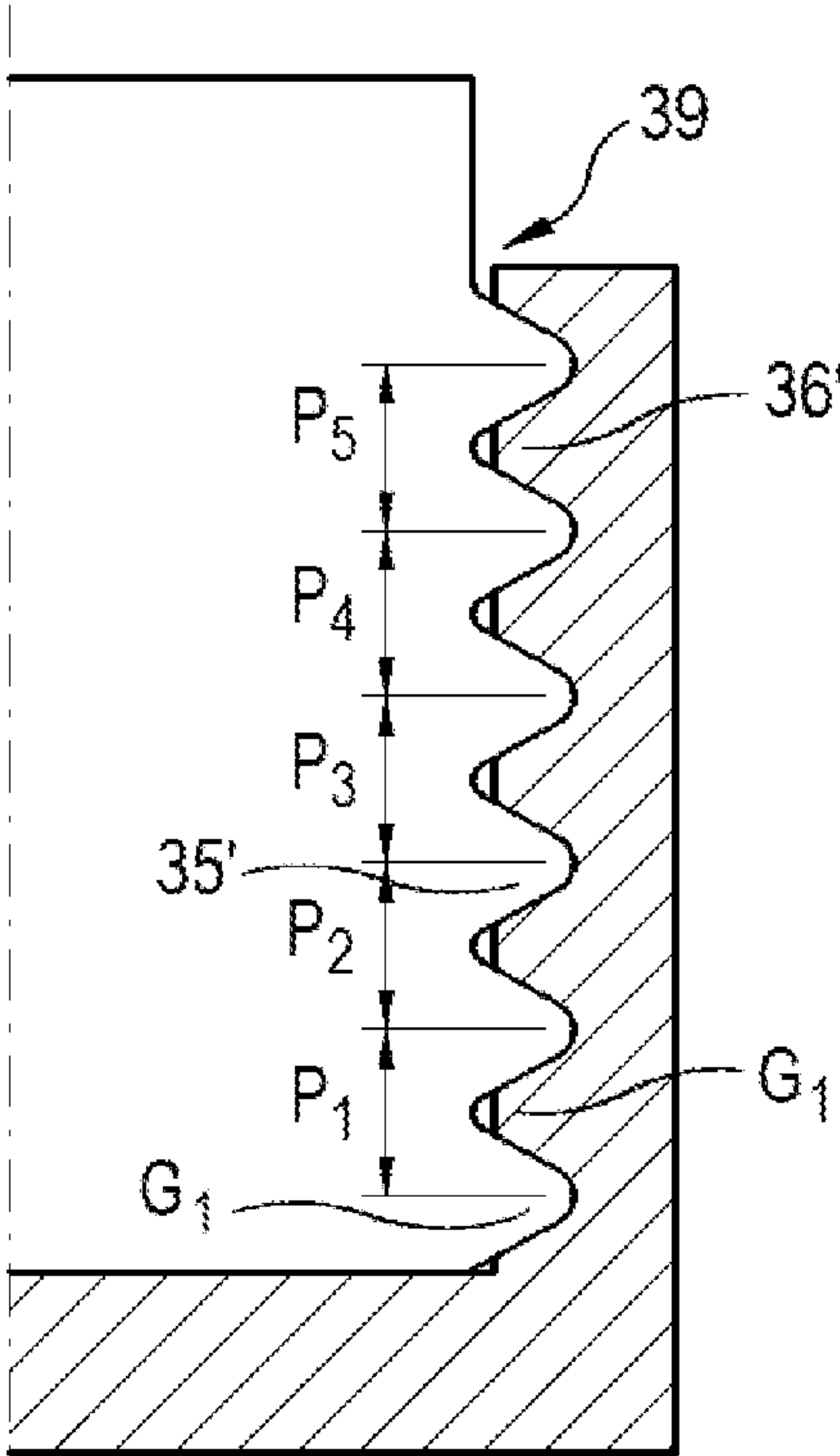


Fig. 3



Stand der Technik
Fig. 4a

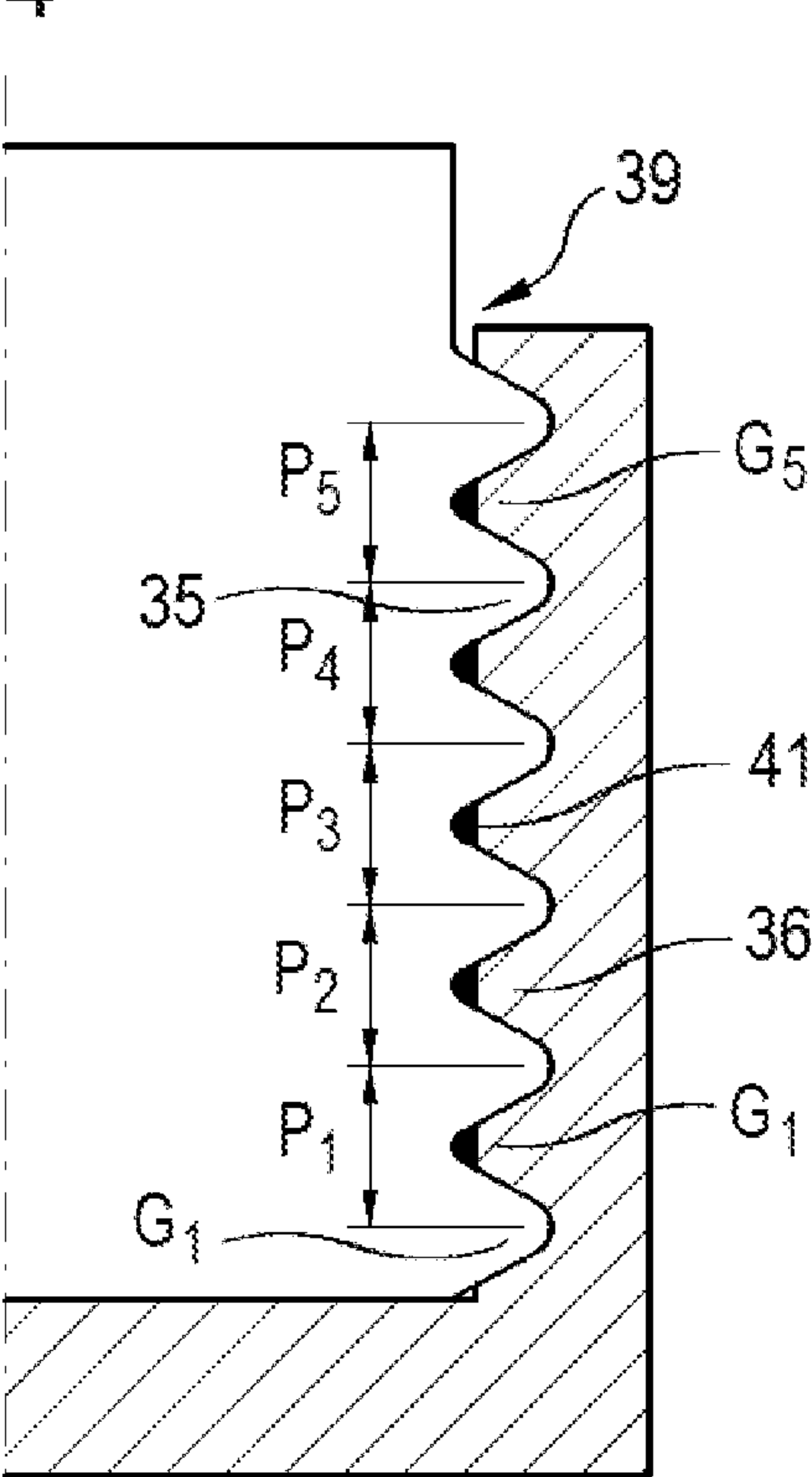


Fig. 4b

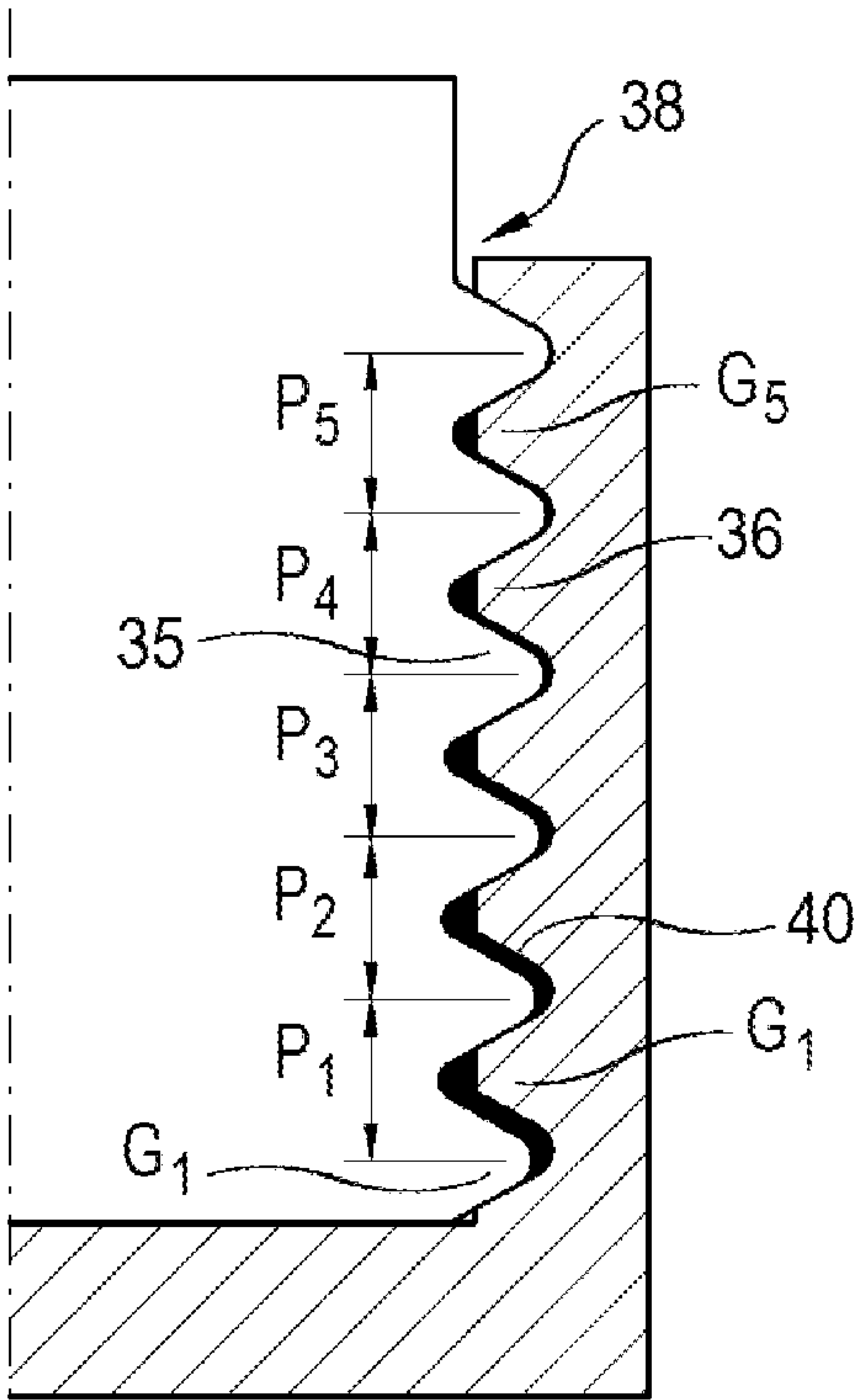


Fig. 4c

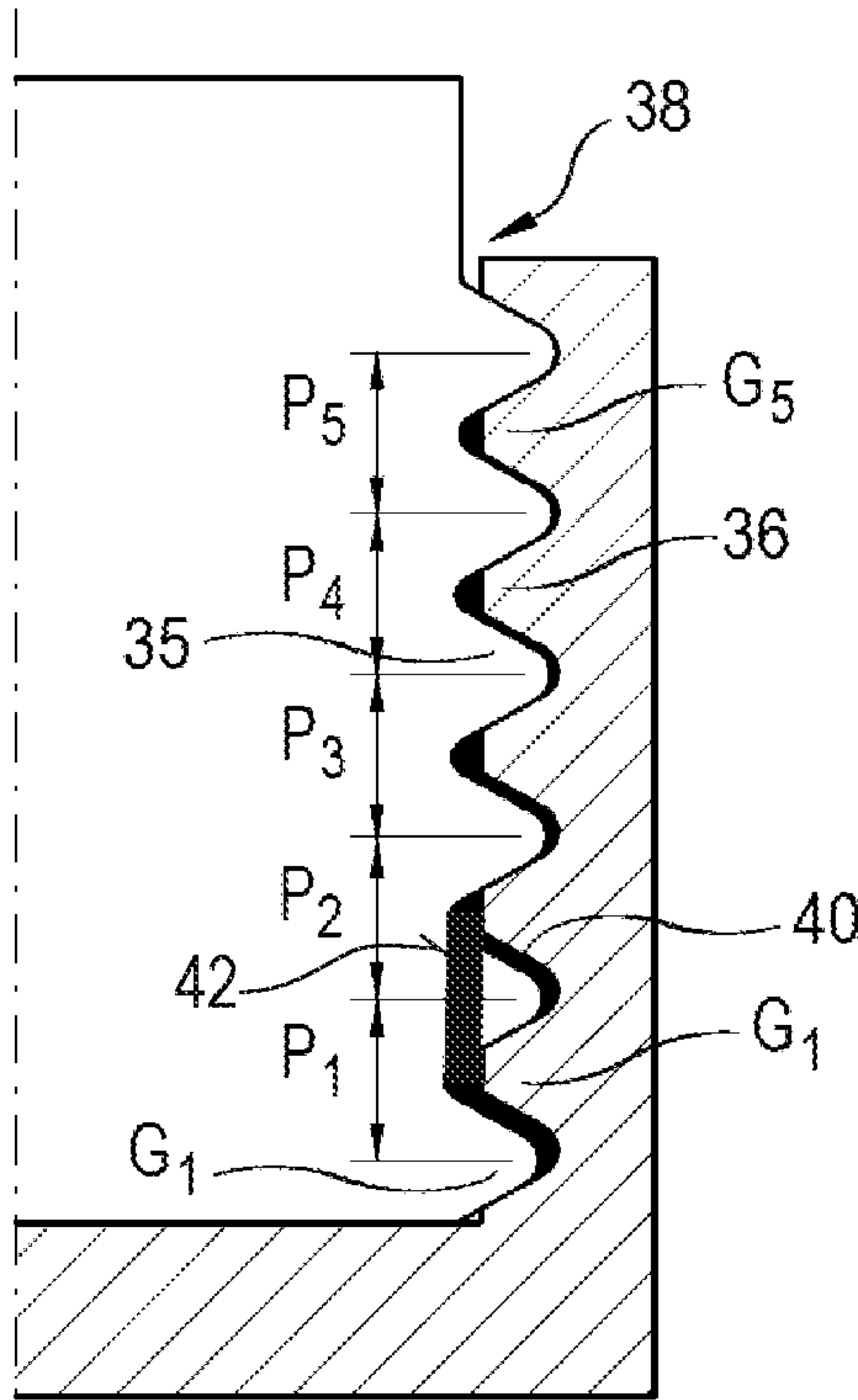


Fig. 4d

Ansprüche

1. Längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor, wobei die Pleuelstange (1) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, wobei der Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) mittels einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) mit mindestens einer Zylinder-Kolben-Einheit (10) mit zumindest einem Zylinder (12) und zumindest einem Verstellkolben (9) einstellbar ist, und wobei der Verstellkolben (9) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) und das erste Pleuelauge (7) mittels zumindest einer Schraubverbindung (37, 38) mit einem ersten Gewinde (35) und einem zweiten Gewinde (36) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage (40) versehen ist und das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) eine Nut (42) aufweist in der die Schmelzeinlage (40) angeordnet ist.
2. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Gewindesteigung (P) des ersten Gewindes (35) gegenüber der Gewindesteigung (P) des zweiten Gewindes (36) unterschiedlich ist.
3. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) über mindestens 90°, bevorzugt über mindestens 180°, besonders bevorzugt über 360° des Gewindeumfangs mit der Schmelzeinlage (40) versehen ist.
4. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelzeinlage (40) auf einem Innengewinde der Schraubverbindung (37, 38) angeordnet ist.
5. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelzeinlage (40) ein Metall oder eine Metalllegierung umfasst, bevorzugt zumindest eines der folgenden Metalle oder eine der folgenden Metalllegierungen: Aluminiummaterial, Kupfermaterial, Zinn-Kupfer-Legierung, Zinn-Kupfer-Nickel-Legierung.
6. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass als Schmelzeinlage (40) ein Material mit einer Schmelz- oder Plastifizierungstemperatur zwischen 400 °C und 1000 °C verwendet wird.

7. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Unterschied zwischen einer ersten Gewindesteigung und einer folgenden Gewindesteigung pro Gewindegang (G) zwischen 0,25 und 0,8 μm beträgt, insbesondere zwischen 0,35 und 0,5 μm beträgt.
8. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass sich der Unterschied zwischen der ersten Gewindesteigung und den folgenden Gewindesteigungen kontinuierlich verändert.
9. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl miteinander in Eingriff stehender Gewindegänge (G) des ersten Gewindes (35) und des zweiten Gewindes (36) zwischen vier und zehn, bevorzugt zwischen fünf und acht Gewindegänge (G) beträgt.
10. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass eine den Verstellkolben (9) und das erste Pleuelauge (7) verbindende Kolbenstange (8) vorgesehen ist, wobei die Kolbenstange (8) das erste Gewinde (35) aufweist und der Verstellkolben (9) und/oder das erste Pleuelauge (7) das zweite Gewinde (36) aufweist.
11. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder-Kolben-Einheit (10) zumindest einen Druckraum (13, 14) und die hydraulische Steuereinrichtung (21) ein hydraulisches Steuerventil (27) aufweist, wobei mit dem hydraulischen Steuerventil (27) eine Fluidverbindung zwischen dem zumindest einen Druckraum (13, 14) und einem Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder einer Umgebung der Pleuelstange (1) freigebbar oder sperrbar ist.
12. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass zwei Pleuelteile (2, 3) vorgesehen sind, wobei das erste Pleuelteil (3) das erste Pleuelauge (7) und das zweite Pleuelteil (2) das zweite Pleuelauge (4) aufweist, und wobei zur Verstellung des Abstands zwischen Kolbenbolzen und Pleuelwellenzapfen das erste Pleuelteil (3) mittels der Zylinder-Kolben-Einheit (10) relativ zum zweiten Pleuelteil (2) bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar bewegbar ist, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Pleuelwellenzapfen zu verstellen.
13. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Schraubverbindung zur Befestigung eines

Zylinderdeckels (15) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) und/oder einer Lagerschale (5) des zweiten Pleuelauges (4), und/oder von Bauteilen der hydraulischen Steuereinrichtung (21) vorgesehen ist, wobei das erste Gewinde (35) und/oder das zweite Gewinde (36) der weiteren Schraubverbindung zumindest bereichsweise mit einer Schmelzeinlage (40) versehen ist, wobei vorzugsweise die Gewindesteigung des ersten Gewindes (35) gegenüber der Gewindesteigung des zweiten Gewindes (36) unterschiedlich ist.

14. Kolbenmotor mit mindestens einem Motor-Zylinder, einem sich in dem Motor-Zylinder bewegenden Hubkolben und mindestens einem einstellbaren Verdichtungsverhältnis in dem Motor-Zylinder, sowie mit einer mit dem Hubkolben verbundenen längenverstellbaren Pleuelstange (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13.