

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50195/2019

(22)

Anmeldetag:

08.03.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.09.2020

(51)

Int. Cl.:

F02B 75/04

(2006.01)

F16C 7/06

(2006.01)

F16B 31/02

(2006.01)

B25B 23/14

(2006.01)

F16L 55/11

(2006.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

WO 2016203047 A1

US 2015023753 A1

AT 517217 A4

FR 2756349 A1

EP 1426584 A1

DE 102005055199 A1

WO 2015055582 A2

(71)

Patentanmelder:

AVL List GmbH

8020 Graz (AT)

iwis motorsysteme GmbH & Co. KG

81369 München (DE)

(72)

Erfinder:

Heller Malte

81243 München (DE)

(74)

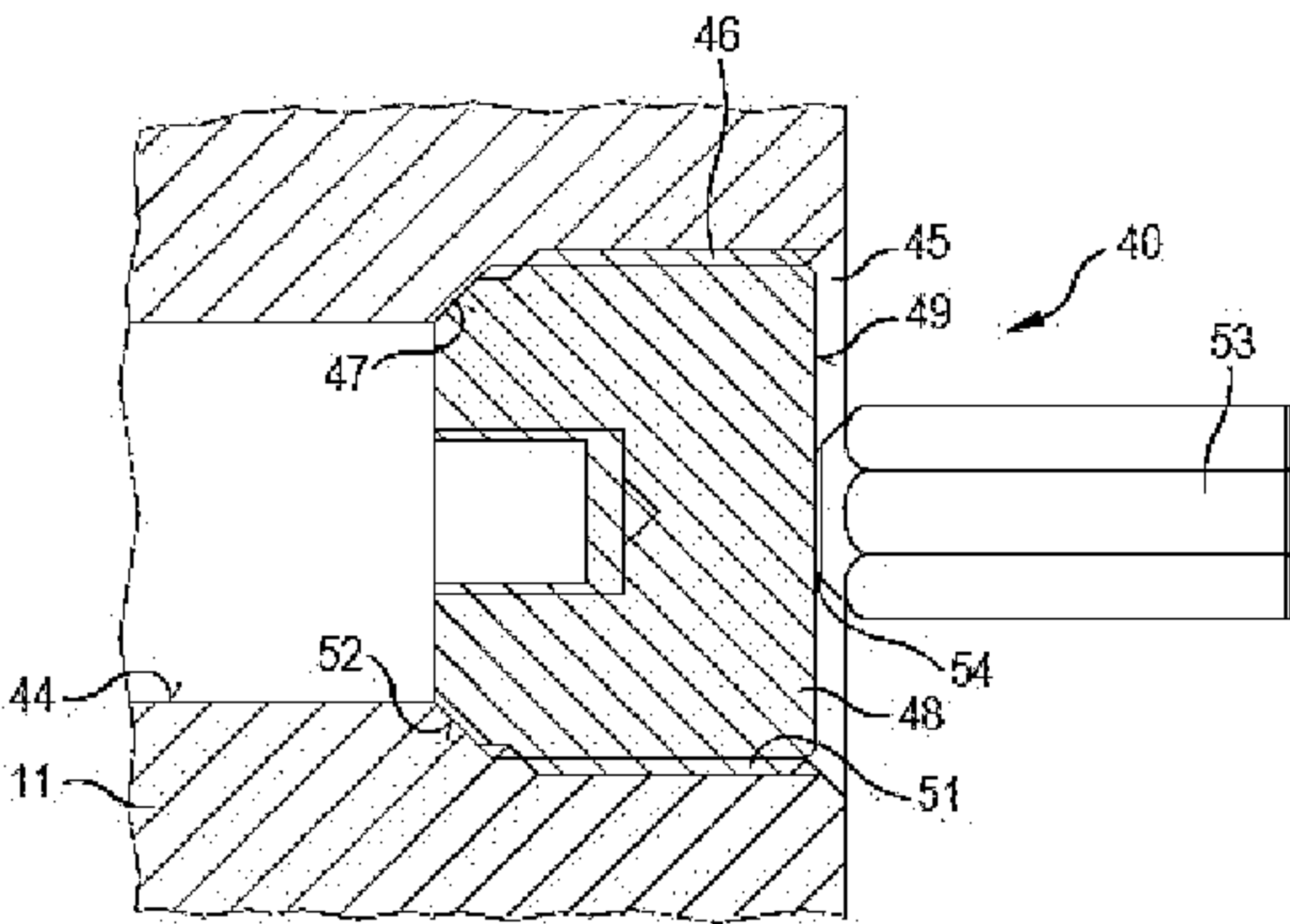
Vertreter:

Kopetz Heinrich Dipl.Ing.

8020 Graz (AT)

(54) Montageverfahren eines gehäusefesten Pleuelteils einer längenverstellbaren Pleuelstange

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten Verschlusselements (40) in einem ersten Pleuelteil (2) einer längenverstellbaren Pleuelstange (1), wobei ein Verschlusselement (40) mit einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) in die Öffnung (45) einer Bohrung (44) im gehäusefesten ersten Pleuelteil (2) montiert wird, sowie durch das Aufbringen eines Abreißdrehmoments das vorstehende Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) an einer Sollbruchstelle (54) zwischen dem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) und dem Verschlusselement (40) abscher. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verschlusselement (40) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem Schraubenkörper (48) und einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53), sowie eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem in der Öffnung (45) einer Bohrung (44) montierten Verschlusselement (40) mit einer werkzeugaufnahmefreien Verschlussfläche (49).



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten Verschlusselements (40) in einem ersten Pleuelteil (2) einer längenverstellbaren Pleuelstange (1), wobei ein Verschlusselement (40) mit einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) in die Öffnung (45) einer Bohrung (44) im gehäusefesten ersten Pleuelteil (2) montiert wird, sowie durch das Aufbringen eines Abreißdrehmoments das vorstehende Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) an einer Sollbruchstelle (54) zwischen dem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) und dem Verschlusselement (40) absichert. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verschlusselement (40) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem Schraubenkörper (48) und einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53), sowie eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem in der Öffnung (45) einer Bohrung (44) montierten Verschlusselement (40) mit einer werkzeugaufnahmefreien Verschlussfläche (49).

Fig. 5

Montageverfahren eines gehäusefesten Pleuelteils einer längenverstellbaren Pleuelstange

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten Verschlusselements in einem ersten Pleuelteil einer längenverstellbaren Pleuelstange gemäß Anspruch 1. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein solches Verschlusselement für eine längenverstellbare Pleuelstange sowie eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem in der Öffnung montierten Verschlusselement und einen Kolbenmotor mit einer 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 (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, was im Vergleich zu einem konventionellen Kolbenmotor 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 der Exzenter durch zwei Zylinder-Kolben-Einheiten und den hydraulischen Druckunterschied des zugeführten Motoröls in seiner Position fixiert wird.

Die WO 2015/055582 A2 zeigt eine längenverstellbare Pleuelstange mit teleskopartig ineinander verschiebbaren Pleuelteilen, wobei der am ersten Pleuelteil vorgesehene Verstellkolben den Zylinder des zweiten Pleuelteils in zwei Druckräume unterteilt. Die beiden Druckräume dieser Zylinder-Kolben-Einheit werden über Rückschlagventile mit Motoröl versorgt, 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 hingegen vollständig mit Motoröl gefüllt ist. Im Betrieb wird dann eine Zugkraft durch den mechanischen Kontakt mit dem oberen Anschlag des Verstellkolbens aufgenommen. Eine einwirkende Druckkraft wird über die Kolbenfläche auf die motorölgefüllte untere Druckkammer übertragen. Da das Rückschlagventil dieser Kammer den Rücklauf des Motoröls unterbindet, steigt der Druck des Motoröls an, so dass die Pleuelstange in dieser Richtung hydraulisch gesperrt ist. 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.

Eine weitere längenverstellbare Pleuelstange ist aus der WO 2016/203047 bekannt. Zum Verstellen der Wirklänge der Pleuelstange wird ein Steuerschieber verwendet, der gegen die Vorspannung einer Steuerschieberfeder zwei Ablassventile betätigt. Sowohl für die Beaufschlagung des Steuerschiebers mit einem hydraulischen Steuerdruck, für die Versorgung und Entleerung der Druckkammern, als auch für die Aufnahmen des Steuerschiebers und der Ablassventile sind in dem gehäusefesten Pleuelteil der Pleuelstange Bohrungen ausgebildet, wobei die umgebungsoffenen Öffnungen der Bohrungen mit Verschlussstopfen versehen sind, um die hydraulische Steuereinrichtung zur Umgebung hin abzudichten. Je nach Ausgestaltung der Bohrung sowie der Funktion und der Druckbelastung der hydraulischen Komponente sind die Verschlussstopfen als einfache Madenschrauben, als Madenschrau-

ben mit besonderen Dichtflächen oder als einfache Schrauben mit Dichtungsflansch und Innen- oder Außensechskantprofil ausgebildet. Dabei ergeben sich gerade für die Verschluss-schrauben mit einem integrierten Werkzeug-Aufnahmeprofil und mit geringem Durchmesser, z. B. für die Hydraulikmittelleitungen, Probleme beim Einschrauben der Verschluss-schrauben, sowie beispielsweise durch Kantenträger, und beim Aufbringen eines ausreichenden Sicherungsdrehmoments zur Sicherung der Verschluss-schraube in der Öffnung der Bohrung, beispielsweise durch das Versagen des Werkzeug-Aufnahmeprofiles vor Erreichen des notwendigen Sicherungsdrehmoments.

Eine längenverstellbare Pleuelstange ist in einem Kolbenmotor ein kritisches Bauteil, das sehr hohe Belastungen sowohl hinsichtlich der Kraftübertragung als auch hinsichtlich der hydraulischen Verhältnisse in der Steuereinrichtung aushalten muss. Für einen dauerhaften und sicheren Betrieb der Pleuelstange ist bereits in der Herstellung und Montage der Komponenten eine sorgfältige und fehlerfreie Verarbeitung notwendig. Trotzdem unterliegt auch eine längenverstellbare Pleuelstange dem hohen Kostendruck im Automobilbereich und den Anforderungen an eine sichere und dauerhafte Funktionalität.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung mittels eines verbesserten Montageverfahrens einen einfachen Aufbau einer längenverstellbaren Pleuelstange zu erreichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten ersten Pleuelteils einer längenverstellbaren Pleuelstange mit folgenden Schritten gelöst:

- a) Bereitstellen des ersten Pleuelteils mit mindestens einer Bohrung, insbesondere für eine hydraulische Steuereinrichtung zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange;
- b) Bereitstellen eines Verschlusselements zum Verschließen der Öffnung, wobei das Verschlusselement ein vorstehendes Werkzeug-Aufnahmeprofil aufweist, um das Verschlusselement in die Öffnung zu montieren, und wobei zwischen dem Verschlusselement und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil eine Sollbruchstelle ausgebildet ist;
- c) Montieren des Verschlusselements in der Öffnung;
- d) Aufbringen eines Abreißdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil, insbesondere mittels eines Werkzeugs; und
- e) Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofiles an der Sollbruchstelle von dem in der Öffnung gesicherten Verschlusselement.

Mit dem vorliegenden Verfahren können die Öffnungen von Bohrungen in dem gehäusefesten Pleuelteil einer längenverstellbaren Pleuelstange sicher und schnell verschlossen werden. Je nach Einsatz und Anordnung können die Bohrungen zur Versorgung oder zur Aufnahme von Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung als offene Bohrung oder als Sacklochbohrung ausgebildet sein.

Günstigerweise weist die mindestens eine Bohrung des ersten Pleuelteils an einem umgebungsoffenen Ende eine Öffnung mit einem Gewindeabschnitt auf und das Verschlusselement ist als Schraubenkörper mit einem Gewinde ausgeführt, wobei in einem nach Schritt b) und vor Schritt c) vorgesehenen Schritt b1) ein Werkzeug zum Aufbringen eines Anzugsdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil bereitgestellt wird und in Schritt c) der Schraubenkörper in den Gewindeabschnitt der Öffnung eingeschraubt.

In einer Variante wird in einem nach Schritt c) und vor Schritt d) vorgesehenen Schritt c1) mittels des Werkzeugs zur Sicherung des Schraubenkörpers in der Öffnung ein Sicherungsdrehmoment auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil aufgebracht. Günstigerweise ist das in Schritt d) aufgebrachte Abreißdrehmoment größer als das Sicherungsdrehmoment.

Darüber hinaus weist die an einem umgebungsoffenen Ende der Bohrung vorgesehene Öffnung einen Gewindeabschnitt auf, wobei die Bohrung nach dem Einbringen der Bohrung in das gehäusefeste Pleuelteil zunächst zur Umgebung hin offen ist. Mit dem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil kann die Verschlusschraube sicher von einem Werkzeug zum Aufbringen eines Anzugsdrehmoments erfasst werden und mit dem Schraubenkörper in den Gewindeabschnitt der Öffnung eingeschraubt werden ohne die Gefahr von Kantenträgern oder einer axialen Fehlstellung des Schraubenkörpers. Weiter ist auch das Aufbringen eines Sicherungsdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil zur Sicherung der Verschlusschraube in der Öffnung problemlos realisierbar, ohne eine Gefahr das Werkzeug-Aufnahmeprofil oder den Schraubenkörper selbst zu beschädigen, insbesondere bei geringen Bohrungsdurchmessern und innenliegenden Aufnahmeprofilen. Darüber hinaus weist der Schraubenkörper ohne das am Ende des Montageverfahrens abgescherte Werkzeug-Aufnahmeprofil gegenüber herkömmlichen Verschlusschrauben eine relativ geringe Masse auf, wodurch sich das Gesamtgewicht des von dem Schraubenkörper abgedichteten gehäusefesten Pleuelteils reduziert. Ebenso ist der benötigte Bauraum des die Öffnung abdichtenden Schraubenkörpers im Vergleich zu herkömmlichen Verschlusschrauben geringer, was sich positiv auf die erforderliche Größe des gehäusefesten Pleuelteils auswirkt.

In einem bevorzugten Verfahren beträgt das Sicherungsdrehmoment zur Sicherung der Verschlusschraube in der Öffnung zwischen 2 Nm und 40 Nm. Ein derartiges Sicherungsdrehmoment ermöglicht eine problemlose und hochdruckfeste Sicherung der Verschlusschraube in der Öffnung.

Sinnvollerweise weist die Verschlusschraube einen Dichtungskegel auf, der auf der Innenseite des Schraubenkörpers an das Gewinde anschließt, bevorzugt direkt an das Gewinde angrenzt, wobei das Montageverfahren das hochdrucksichere Abdichten der Öffnung der Bohrung am Dichtungskegel mittels des mit dem Sicherungsdrehmoment gesicherten Schraubenkörpers umfasst. Das Vorsehen eines Dichtungskegels auf einem dem Werkzeug-Aufnahmeprofil gegenüberliegenden Ende des Schraubenkörpers ermöglicht bei einer Sicherung des Schraubenkörpers mit dem Sicherungsdrehmoment ein einfaches und dauerhaftes Abdichten der Bohrungsöffnung auch gegen die in der hydraulischen Steuereinrichtung einer längenverstellbaren Pleuelstange auftretenden extremen Drücke. Dabei ist es von Vorteil, wenn der Dichtungskegel einen Neigungswinkel zur Längsachse des Schraubenkörpers zwischen 30° und 60°, bevorzugt zwischen 40° und 50° aufweist.

Eine weitere Ausbildung sieht vor, dass das Verschlusselement bzw. der Schraubenkörper und das Werkzeug-Aufnahmeprofil einteilig ausgebildet sind, wobei die Sollbruchstelle zwischen dem Verschlusselement bzw. dem Schraubenkörper und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil als Einschnürung gegenüber dem Werkzeug-Aufnahmeprofil ausgebildet ist. Die einteilige Ausbildung der Verschlusschraube und deren Bereitstellung für ein Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten Pleuelteils ermöglicht nicht nur eine günstige Produktion der Verschlusschraube, sondern auch eine fehlerarme Positionierung des Schraubenkörpers mittels dem vom Werkzeug erfassten Aufnahmeprofil.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Abreißdrehmoment im Montageverfahren mindestens 10 % größer, bevorzugt mindestens 25 % größer, als das Sicherungsdrehmoment ist. Dadurch wird ein unbeabsichtigtes Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofils an der Sollbruchstelle vor einem Beenden der Sicherung und Abdichtung des Schraubenkörpers in der Öffnung verhindert.

Für eine einfache Herstellung der Verschlusschraube kann das Werkzeug-Aufnahmeprofil ein Kantenprofil sein, bevorzugt ein Vierkant- oder ein Sechskantprofil sein. Neben der einfachen symmetrischen Konstruktion bei einem Vierkant- oder einem Sechskantprofil kann ein solches Werkzeug-Aufnahmeprofil einfach und sicher mit herkömmlichen Werkzeugen zum

Aufbringen eines Anzugsdrehmoments erfasst und gehalten werden. Dabei sieht eine Modifikation vor, dass das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Sollbruchstelle und einer Schlüsselweite des Kantenprofils kleiner als 0,75, bevorzugt kleiner als 0,6, ist. Dieses Verhältnis zwischen der Schlüsselweite des Kantenprofils und dem Durchmesser der Sollbruchstelle ermöglicht ein einfaches Aufbringen eines ausreichenden Sicherungsdrehmoments zur Sicherung des Schraubenkörpers in der Öffnung sowie ein einfaches Bereitstellen eines entsprechend unterschiedlichen Abreißdrehmoments zum Abscheren des Werkzeugprofils an der Sollbruchstelle. Dabei entspricht die Schlüsselweite dem Abstand der parallelen Kantenflächen des Kantenprofils bei gerader Kantenzahl und bei ungerader Kantenzahl dem Abstand zwischen einer Kantenfläche und einer gegenüberliegenden Spitze zwischen zwei angrenzenden Kantenflächen.

Des Weiteren bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verschlusselement für eine längenverstellbare Pleuelstange mit einem Schraubenkörper und einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil, wobei der Schraubenkörper ein Gewinde aufweist, um den Schraubenkörper in eine Öffnung mit Gewindeabschnitt eines gehäusefesten ersten Pleuelteils der längenverstellbaren Pleuelstange einzuschrauben, und wobei zwischen dem Schraubenkörper und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil eine Sollbruchstelle vorgesehen ist, um nach dem Einschrauben und Sichern des Schraubenkörpers in der Öffnung des gehäusefesten ersten Pleuelteils ein gezieltes Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofiles vom Schraubenkörper zu ermöglichen. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Verschlusselement in Form einer Verschlussschraube, bei der der Schraubenkörper und das Werkzeug-Aufnahmeprofil unlösbar miteinander verbunden sind, ermöglicht dieses spezielle Verschlusselement für eine längenverstellbare Pleuelstange nicht nur eine einfache Montage durch ein leichteres Erfassen des vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofiles von dem Einschraub-Werkzeug, sondern ermöglicht auch die Bereitstellung eines leichteren gehäusefesten Pleuelteils der längenverstellbaren Pleuelstange, da der Teil des Verschlusselements mit dem Werkzeug-Aufnahmeprofil nach dem Einschrauben und dem hochdrucksicheren Abdichten des Schraubenkörpers in der Öffnung an der Sollbruchstelle abschert und nur der Schraubenkörper des Verschlusselements in der Öffnung des Pleuelteils verbleibt. Da eine längenverstellbare Pleuelstange aufgrund der im Betrieb auf das Pleuel einwirkenden Gas- und Massenkräfte empfindlich auf die Masse der verschiedenen Bauteile reagiert, ist das Gewicht des gehäusefesten Pleuelteils ein kritischer Faktor bei der Konstruktion der längenverstellbaren Pleuelstange, dessen Einfluss auch durch geringe Gewichtseinsparungen durch das erfindungsgemäße Verschlusselement reduziert werden kann. Weiterhin verringert sich der benötigte Bauraum zum

Verschließen der Bohrungen in dem gehäusefesten Pleuelteil, da die Länge des in der Öffnung verbleibenden Schraubenkörpers reduziert werden kann, was sich vorteilhaft bei der Konstruktion des gehäusefesten Pleuelteils und insgesamt der längenverstellbaren Pleuelstange auswirkt.

Eine sinnvolle Ausführungsform sieht vor, dass das Gewinde des Schraubenkörpers einen Außendurchmesser zwischen 2 und 6 mm, bevorzugt zwischen 2 und 4 mm, aufweist. Gerade bei Schraubenkörpern mit einem relativ kleinen Außendurchmesser, dem Nenndurchmesser des Gewindes, wirken sich die Vorteile der sicheren und problemlosen Montage, des hochdrucksicheren Abdichtens sowie die Gewichts- und Bauraumvorteile besonders deutlich aus. Insbesondere lassen sich gerade Schraubenkörper mit einem Gewindemaß von M2,5, M3 und M4 mit einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil deutlich einfacher und sicherer in die Öffnungen von Bohrungen, insbesondere Bohrung zur Ausbildung von Hydraulikmittelleitungen, einschrauben und hochdrucksicher abdichten. Hier werden bei herkömmlichen Verschließmethoden deutlich größere Bauräume und Gewichte benötigt.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine längenverstellbare Pleuelstange für einen Kolbenmotor mit einer hydraulischen Steuereinrichtung zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange, wobei ein erstes Pleuelteil der längenverstellbaren Pleuelstange mindestens eine Bohrung für die Anordnung oder Versorgung der hydraulischen Steuereinrichtungen aufweist, und mit mindestens einem Verschlusselement zum Verschließen einer Öffnung der Bohrung für die hydraulische Steuereinrichtung in der längenverstellbaren Pleuelstange, wobei das in der Öffnung montierte Verschlusselement eine werkzeugaufnahmefreie, nach Außen weisende, Verschlussfläche aufweist, wobei die Verschlussfläche einen Bruchflächenanteil aufweist. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen längenverstellbaren Pleuelstange, bei der eine in die Öffnung einer Bohrung eingeschraubte und gesicherte Verschlussschraube einen vorstehenden Sechskant, einen Inbus, einen Torx oder einen Kreuzschlitz aufweist, ist hier die nach außen weisende Verschlussfläche des Verschlusselements werkzeugaufnahmefrei ausgebildet, da ein entsprechendes Werkzeug-Aufnahmeprofil nach dem Einschrauben und Sichern des Schraubenkörpers in der Öffnung abgeschert ist, weshalb die Verschlussfläche ein Bruchflächenteil aufweist. Dadurch kann die Öffnung der Bohrung mit einem verhältnismäßig kurzen Schraubenkörper sicher verschlossen werden, sodass das gehäusefeste Pleuelteil ein geringeres Gewicht aufweist und einen entsprechend kleineren Bauraum umfasst.

Eine besondere Variante sieht vor, dass die hydraulische Steuereinrichtung ein hydraulisches Steuerventil, mindestens zwei vom Steuerventil betätigbare Ablassventile, mindestens zwei Rückschlagventile und mehrere Hydraulikmittelkanäle aufweist, wobei in der mindestens einen Bohrung das hydraulische Steuerventil oder ein Ablassventil oder ein Rückschlagventil oder ein Hydraulikmittelkanal vorgesehen sind. Eine derartige hydraulische Steuereinrichtung ermöglicht einen einfachen und sicheren Betrieb einer längenverstellbaren Pleuelstange. In Abhängigkeit der Konstruktion eines zugehörigen Kolbenmotors, der Belastung der längenverstellbaren Pleuelstange aufgrund der im Betrieb auf das Pleuel einwirkende Gas- und Massenkräfte sowie aufgrund der Öldruckschwankung in der Hydraulikmittelversorgung des Steuerventils durch die Bewegung der Pleuelstange ermöglicht eine solche hydraulische Steuereinrichtung eine Anpassung auf die spezifischen Anforderungen des jeweiligen Motortyps. Bevorzugt kann das hydraulische Steuerventil als Schieberventil ausgebildet sein, wobei der Steuerschieber einen Schieberstößel und einen stirnseitig an dem Schieberstößel angeordneten, in einem Steuerzylinder verschiebbar geführten und mit einem hydraulischen Steuerdruck beaufschlagbaren Steuerkolben umfasst, und wobei der Schieberstößel sich von dem stirnseitig angeordneten Steuerkolben in Richtung der Steuerschieberachse durch den Steuerzylinder erstreckt, um mittels einer Schaltkontur die mindestens zwei Ablassventile zu betätigen. Der Steuerschieber ist dabei üblicherweise rotationssymmetrisch zur Steuerschieberachse ausgebildet. Durch eine geneigte Anordnung des Steuerschiebers können die negativen Einflüsse der Trägheit des Hydraulikmittels in den Hydraulikmittelkanälen, sowie störende Einflüsse auf die Komponenten der hydraulischen Steuereinrichtung minimiert werden, insbesondere bei hohen Drehzahlen und den dabei stark ansteigenden Massenkräften. Je nach Stellung des Steuerschiebers ist maximal eines der zwei Ablassventile geöffnet, sodass das Hydraulikmittel entweder aus der ersten Druckkammer oder der zweiten Druckkammer der Steuereinrichtung entweichen kann, während sich die andere Druckkammer gleichzeitig mit Hydraulikmittel füllt, angetrieben durch die in einem Kolbenmotor bei der Hubbewegung der Pleuelstange wirkenden Gas- und Massenkräfte. Je nach Ausgestaltung der hydraulischen Steuereinrichtung, sowie je nach Betriebszustand des Kolbenmotors können mehrere Hübe der Pleuelstange erforderlich sein, bis die Längenänderung der Pleuelstange beendet ist.

In der zweckmäßigen Ausgestaltung weist die hydraulische Steuereinrichtung eine Rückstellfeder auf, um den Steuerschieber in einer ersten Ausgangsstellung zu halten oder in die erste Ausgangsstellung zurückzustellen, wobei die Rückstellfeder bevorzugt um den Steuer-

schieber herum angeordnet ist. Die Rückstellfeder ermöglicht ohne einen aktiven Rückstellmechanismus zwei unterschiedliche Schaltstellungen des hydraulischen Steuerventils, und die hydraulische Steuereinrichtung an unterschiedliche Steuerdrücke oder Anwendungen des Steuerventils anzupassen. Dabei reduziert eine Anordnung der Rückstellfeder um den Steuerschieber herum den benötigten Bauraum für das Steuerventil und gleichzeitig auch den Herstellungsaufwand.

Eine Ausführung der längenverstellbaren Pleuelstange sieht vor, dass weiter ein verstellbares zweites Pleuelteil vorgesehen ist, wobei das verstellbare Pleuelteil ein erstes Pleuelauge zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und das erste Pleuelteil ein zweites Pleuelauge zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist und wobei das verstellbare zweite Pleuelteil gegenüber dem ersten Pleuelteil in Längsrichtung der Pleuelstange bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar bewegbar ist, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen zu verstellen. Im Gegensatz zu Pleuelstangen mit Exzentern ermöglichen die beiden in Längsrichtung der Pleuelstangen zueinander bewegbaren Pleuelteile einen stabilen Aufbau, sowie einen sicheren und dauerhaften Betrieb der längenverstellbaren Pleuelstange. Dabei kann mindestens eine mit der hydraulischen Steuereinrichtung verbundenen Zylinder-Kolben-Einheit vorgesehen sein, um das verstellbare zweite Pleuelteil relativ zum ersten Pleuelteils zu bewegen, wobei das verstellbare Pleuelteil mit einem Verstellkolben der Zylinder-Kolben-Einheit verbunden ist und das erste Pleuelteil eine Zylinderbohrung der Zylinder-Kolben-Einheit aufweist. Diese Konstruktion ermöglicht neben einem sehr robusten Aufbau der längenverstellbaren Pleuelstange auch einfache und kostengünstig herstellbare Pleuelteile, wobei der Verstellkolben des verstellbaren Pleuelteils bevorzugt direkt mit einer Kolbenstange und einem Pleuelkopf zur Ausbildung des ersten Pleuelauges verbunden ist, und wobei das erste Pleuelteil ein Gehäuse aufweist, in dem neben der Zylinderbohrung auch die hydraulische Steuereinrichtung vorgesehen ist.

In einem weiteren Aspekt bezieht sich die Erfindung auf einen 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 gemäß den vorbeschriebenen Ausführungsformen. Bevorzugt sind sämtliche Hubkolben des Kolbenmotors mit einer derartigen längenverstellbaren Pleuelstange ausgestaltet und die hydraulische Steuereinrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange ist mit der Motorölhydraulik des Kolbenmotors verbunden. Die Kraftstoffeinsparung eines solchen Kolbenmotors kann beträchtlich sein,

wenn in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand das Verdichtungsverhältnis entsprechend eingestellt wird. Mit den in der Öffnung mit mindestens einer Bohrung für die Anordnung oder Versorgung der hydraulischen Steuereinrichtung montierten Verschlusselementen mit einer werkzeugaufnahmefreien nach außen weisenden Verschlussfläche, kann die notwendige Masse und der notwendige Bauraum der längenverstellbaren Pleuelstange reduziert werden bei einer gleichzeitig einfachen Herstellung der Pleuelstange.

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

- Fig. 1 eine Draufansicht einer erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange,
- Fig. 2 eine teilweise freigeschnittene Seitenansicht der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1,
- Fig. 3 eine Seitenansicht der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 1 mit einer schematischen Darstellung des hydraulischen Steuerventils,
- Fig. 4 eine vergrößerte Ansicht der hydraulischen Steuereinrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange aus Fig. 2, und
- Fig. 5 eine vergrößerte Schnittdarstellung durch eine Verschlusschraube für die längenverstellbare Pleuelstange aus Fig. 2.

Die 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 gehäusefeste erste Pleuelteil 2 weist ein großes Pleuelauge 4 auf, mit dem die längenverstellbare Pleuelstange 1 auf der Kurbelwelle (nicht gezeigt) des Kolbenmotors gelagert ist. Dazu ist am gehäusefesten ersten Pleuelteil 2 weiter eine Lagerschale 5 angeordnet, die zusammen mit dem ebenfalls lagerschalenartig ausgebildeten unteren Bereich der gehäusefesten Pleuelstange 2 das große Pleuelauge 4 ausbildet. Die Lagerschale 5 und das gehäusefeste Pleuelteil 2 werden mittels Pleuelschrauben 43 miteinander verbunden. Das in Fig. 1 oben angeordnete zweite, verstellbare Pleuelteil 3 weist einen Pleuelkopf 6 mit einem kleinen Pleuelauge 7 auf, das den Kolbenbolzen (nicht gezeigt) des Hubkolbens im Kolbenmotor aufnimmt.

Wie insbesondere in Fig. 2 gut zu erkennen, ist der Pleuekopf 6 mit einer Kolbenstange 8 und über die Kolbenstange 8 mit einem Verstellkolben 9 einer hier als Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstelleinrichtung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 verbunden. Dabei ist der Pleuekopf 6 üblicherweise mit der Kolbenstange 8 verschraubt oder verschweißt, während der Verstellkolben 9 und die Kolbenstange 8 einteilig ausgebildet sind. Dies ermöglicht vor einem Zusammenbau des verstellbaren 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 verstellbare Pleuelteil 3 ist über den Verstellkolben 9 teleskopierbar in dem gehäusefesten ersten 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, um so das Verdichtungsverhältnis des Kolbenmotors an den jeweiligen Betriebszustand anzupassen. Dadurch ist es möglich, den Kolbenmotor im Teillastbereich mit einem höheren Verdichtungsverhältnis als unter Vollast zu betreiben und so den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen. In dem Gehäuse 11 (siehe z.B. Fig. 4) des gehäusefesten ersten Pleuelteils 2 ist im oberen Bereich der Zylinder 12 ausgebildet, der als Zylinderbohrung oder Zylinderhülse in das Gehäuse 11 des gehäusefesten Pleuelteils 2 eingebracht ist. In dem Zylinder 12 ist der Verstellkolben 9 des verstellbaren 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. 2 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. An dem Zylinderdeckel 15 ist die Stangendichtung 16 vorgesehen, die von einem Sicherungsring 19 am Übergang zwischen Kolbenstange 8 und dem Zylinderdeckel 15 gehalten wird. Die Stangendichtung 16 umgibt die Kolbenstange 8 und dichtet den oberen Druckraum 14 gegenüber der Umgebung ab. 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. Der Sicherungsring 19 bildet zusammen mit dem Zylinderdeckel 15 einen oberen Anschlag aus, an dem der Verstellkolben 9 in der oberen Stellung, der langen Stel-

lung der längenverstellbaren Pleuelstange 1, anliegt, während in der unteren Stellung (Kurzstellung) der längenverstellbaren Pleuelstange 1 der Verstellkolben 9 an dem vom Zylinderboden 20 (siehe Fig. 3) ausgebildeten unteren Anschlag anliegt.

Im Folgenden wird anhand der in Fig. 3 dargestellten hydraulischen Verschaltung eine Steuereinrichtung 21 zur Versorgung der von der Zylinder-Kolben-Einheit 10 ausgebildeten Verstelleinrichtung näher erläutert. Die beiden Druckräume 13, 14 sind jeweils über getrennte Hydraulikmittelleitungen 22, 23 und separate Rückschlagventile 24, 25 und einem gemeinsamen Ölversorgungs kanal 26, der in dem großen Pleuelauge 4 mündet, mit dem Motorölkreislauf des Kolbenmotors verbunden. 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 dem Sicherungsring 19 aufgenommen, wobei sich die Länge der Pleuelstange 1 nicht weiter verändert. 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, wodurch die längenverstellbare Pleuelstange 1 in dieser Bewegungsrichtung hydraulisch gesperrt ist. 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 und 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 in 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 3/2-Wegeventil 27, dessen beiden schaltbaren Anschlüsse 30 (ein erster, dem unteren Druckraum 13 zugeordneter Anschluss und ein zweiter, dem oberen Druckraum 14 zugeordneter Anschluss) jeweils über eine Drossel 28, 29 mit einer Hydraulikmittelleitung 22, 23 der

Druckräume 13, 14 verbunden sind. Dabei wird das 3/2-Wegeventil 27 über den Druck des Motoröls betätigt, das 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 zumindest 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 oder über das große Pleuelauge 4 an den Motorölkreislauf des Kolbenmotors und/oder die Umgebung abgegeben werden kann. In der in Fig. 3 dargestellten Vorzugslage des 3/2-Wegeventils 27 ist der obere Druckraum 14 geöffnet.

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 Ölversorgungskanal 26. Gleichzeitig entsteht durch die 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 bzw. daran anstehendes Motoröl durchtreten kann, so dass sich der bisher leere Druckraum 14, 13 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 und der andere geöffnete Druckraum 13, 14 vollständig geleert ist und so die maximal mögliche Längenänderung der Pleuelstange 1 erreicht ist.

Fig. 2 und Fig. 4 zeigen ein hydraulisches Steuerventil 34 als Ausführungsbeispiel des 3/2-Wegeventils 27 aus Fig. 3, das als Schieberventil mit einem Steuerzylinder 36 und einem in dem Steuerzylinder 36 verschiebbar angeordneten pilzförmigen Steuerschieber 35 ausgebildet ist.

Der Steuerschieber 35 weist einen stirnseitig angeordneten Steuerkolben 37 auf, der zusammen mit dem Steuerzylinder 36 einen stirnseitig des Steuerschiebers 35 angeordneten Steuerdruckraum 38 ausbildet. Der Steuerzylinder 36 ist als eine gegenüber der Längsachse A der Pleuelstange 1 und auch gegenüber der Normalen zur Längsachse A der Pleuelstange 1 geneigte Stufenbohrung im Gehäuse 11 des gehäusefesten ersten Pleuelteils 2 ausgebildet. Am offenen Ende des Steuerzylinders 36 ist ein Verschluss vorgesehen, der den Steuerdruckraum 38 zur Umgebung (der Pleuelstange 1) hin abdichtet.

Der Steuerdruckraum 38 wird über die Steuerdruckleitung 31 von dem Ölversorgungs kanal 26 (siehe Fig. 3) mit einem unter Steuerdruck stehenden Hydraulikmittel versorgt. Auf der dem Steuerdruckraum 38 abgewandten Rückseite des stirnseitigen Steuerkolbens 37 erstreckt sich ein Schieberstößel 39 in das als Niederdruckraum ausgebildete untere Ende des Steuerzylinders 36, weshalb zwischen dem stirnseitigen Steuerkolben 37 und dem Steuerzylinder 36 eine berührende oder kontaktlose Dichtung vorgesehen ist. An einem dem Steuerkolben 37 zugewandten oberen Abschnitt des Schieberstößels 39 ist um den Schieberstößel 39 herum die Rückstellfeder 32 angeordnet, während am unteren Ende des Schieberstößels 39 eine Schaltkontur zum Öffnen und Schließen der Ablassventile 41, 42 ausgebildet ist, um mit möglichst geringem Kraftaufwand das jeweilige Ablassventil 41, 42 zu öffnen.

Fig. 4 zeigt eine vergrößerte Ansicht der hydraulischen Steuereinrichtung 21 in dem gehäusefesten Pleuelteil 2 der erfindungsgemäßen längenverstellbaren Pleuelstange 1. In dieser Darstellung ist deutlich zu erkennen, dass die verschiedenen Abschnitte des Ölversorgungs kanals 26, der Steuerdruckleitung 31 und der Hydraulikmittelleitungen 22, 23 zur Versorgung der Druckräume 13, 14 als einfache Bohrungen 44 in dem Gehäuse 11 des gehäusefesten Pleuelteils 2 ausgebildet sind. Ebenso sind der Steuerschieber 35 des hydraulischen Steuerventils 34, sowie die Rückschlagventile 24, 25 und die Ablassventile 41, 42 in einfachen oder stufig ausgebildeten Bohrungen 44 in dem Gehäuse 11 angeordnet.

Die an dem umgebungsoffenen Ende der Bohrungen 44 ausgebildeten Öffnungen 45 sind zur Aufnahme von Verschlusselementen 40 vorgesehen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Bohrungen 44 am umgebungsoffenen Ende mit einem Innengewinde 46 und

einer geneigten Dichtungsfläche 47 ausgeführt, siehe Fig. 5. Zum Verschließen der Bohrungen 44 und zur Abgrenzung der hydraulischen Steuereinrichtung 21 gegenüber der Umgebung der längenverstellbaren Pleuelstange 1 sind die Öffnungen 45 mit dem Schraubenkörper 48 des Verschlusselements 40 verschlossen. Dabei weist die nach außen gerichtete Verschlussfläche 49 des Schraubenkörpers 48 mittig einen Bruchflächenanteil 50, jedoch keine Werkzeugaufnahme auf.

Im Folgenden wird die Montage des Verschlusselements 40 in dem gehäusefesten Pleuelteil 2 der längenverstellbaren Pleuelstange 1 anhand eines Ausführungsbeispiels, wo das Verschlusselement 40 als Verschlusschraube ausgeführt ist, näher erläutert. In nicht dargestellten Varianten kann das Verschlusselement 40 als Stopfen oder Bolzen ausgeführt sein, der in die Öffnung 45 eingepresst oder -geklebt oder auf andere Weise montiert wird.

Zunächst wird das gehäusefeste erste Pleuelteil 2 mit den Bohrungen 44 für die Hydraulikmittelleitungen 22, 23, die Ölversorgungskanäle 26 und die Steuerdruckleitung 31, sowie die Bohrungen 44 für die Rückschlagventile 24, 25, die Ablassventile 41, 42 und das Steuerventil 34 bereitgestellt. Des Weiteren wird eines oder mehrere Verschlusselemente 40 zum Verschließen einer oder mehrerer Öffnungen 45 der Bohrungen 44 für die hydraulische Steuereinrichtung 21 bereitgestellt. Die Verschlusselemente 40 weisen neben einem Schraubenkörper 48 mit einem Außengewinde 51 und einem sich auf der Innenseite des Schraubenkörpers 48 anschließenden Dichtungskegel 52, ein von der Verschlussfläche 49 des Schraubenkörpers 48 nach außen vorstehendes Werkzeug-Aufnahmeprofil 53 auf, das hier als Sechskantprofil ausgebildet ist. Zwischen dem Werkzeug-Aufnahmeprofil 53 und dem Schraubenkörper 48 des Verschlusselements 40 ist eine als Einschnürung ausgebildete Sollbruchstelle 54 vorgesehen, deren Durchmesser an der Verschlussfläche 49 weniger als 75 Prozent der Schlüsselweite der sechskantigen Werkzeug-Aufnahmeprofils 53 beträgt.

Das Verschlusselement 40 wird mit dem Außengewinde 51 des Schraubenkörpers 48 in die mit dem Innengewinde 46 versehene Öffnung 45 einer Bohrung 44 eingeschraubt und ein am Werkzeug-Aufnahmeprofil 53 angreifendes Werkzeug (nicht gezeigt) bringt über die Sollbruchstelle 54 ein Sicherungsdrehmoment auf den Schraubenkörper 48 auf, sodass der Dichtungskegel 52 des Schraubenkörpers 58 die Bohrung 44 an der Dichtungsfläche 47 der Öffnung 45 sicher abdichtet. Dabei beträgt das Sicherungsdrehmoment zur Fixierung des Schraubenkörpers 48 in der Öffnung 45 und zur Abdichtung der Bohrung 44 zwischen 2 Nm und 40 Nm, beispielsweise zwischen 30 Nm und 40 Nm. Nach der Fixierung des Schrauben-

körpers 48 in der Öffnung 45 wird auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil 48 ein über das Sicherungsdrehmoment hinausgehendes Abreißdrehmoment aufgebracht, bis das Werkzeug-Aufnahmeprofil 53 an der Sollbruchstelle 54 von dem in der Öffnung 45 gesicherten Schraubenkörper 48 abschert. Dabei ergibt sich im mittleren Bereich der nach außen weisenden Verschlussfläche 49 des Schraubenkörpers 48 ein Bruchflächenanteil im Durchmesser der Sollbruchstelle 54.

Neben den Bohrungen 44 im Gehäuse 11 des gehäusefesten ersten Pleuelteils 2 für die Versorgung und Entleerung der hydraulischen Steuereinrichtung 21 mit Hydraulikmittel, insbesondere den Hydraulikmittelleitungen 22, 23, den Ölversorgungskanälen 26 und der Steuerdruckleitung 31, die nur einen geringen Durchmesser aufweisen, können wie in Fig. 4 gezeigt auch die Bohrungen 44 zur Aufnahme der Rückschlagventile 24, 25, der Ablassventile 41, 42 und des Steuerventils 34 mit einem erfindungsgemäßen Verschlusselement 40 gegenüber der Umgebung abgedichtet werden. Neben der geringen Baulänge des Schraubenkörpers 48 des erfindungsgemäßen Verschlusselements 40 ohne das Werkzeug-Aufnahmeprofil 53, kann im Vergleich zu herkömmlichen Verschlussstopfen Gewicht eingespart werden. Darüber hinaus kann die geringe Baulänge des Schraubenkörpers 48, zusätzlich zu einer schlankeren Konstruktion des gehäusefesten Pleuelteils 2, zu einer weiteren Gewichtsreduktion der längenverstellbaren Pleuelstange 1 führen.

Bezugszeichenliste

1	längenverstellbare Pleuelstange
2	gehäusefestes erstes Pleuelteil
3	verstellbares zweites 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	Sicherungsring
20	Zylinderboden
21	hydraulische Steuereinrichtung
22	Hydraulikmittelleitung
23	Hydraulikmittelleitung
24	Rückschlagventil
25	Rückschlagventil
26	Ölversorgungs kanal
27	3/2-Wegeventil
28	Drossel
29	Drossel
30	Anschlüsse
31	Steuerdruckleitung
32	Rückstellfeder
33	Abströmkanal

34	Steuerventil
35	Steuerschieber
36	Steuerzylinder
37	Steuerkolben
38	Steuerdruckraum
39	Schieberstößel
40	Verschlusselement
41	Ablassventil
42	Ablassventil
43	Pleuelschraube
44	Bohrung
45	Öffnung
46	Innengewinde
47	Dichtungsfläche
48	Schraubenkörper
49	Verschlussfläche
50	Bruchflächenteil
51	Außengewinde
52	Dichtungskegel
53	Werkzeug-Aufnahmeprofil
54	Sollbruchstelle
A	Pleuellängsachse

Ansprüche

1. Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten Verschlusselements (40) in einem ersten Pleuelteil (2) einer längenverstellbaren Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor mit den folgenden Schritten:
 - a) Bereitstellen des ersten Pleuelteils (2) mit mindestens einer Bohrung (44), insbesondere für eine hydraulische Steuereinrichtung (21) zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange (1);
 - b) Bereitstellen eines Verschlusselements (40) zum Verschließen der Öffnung (45), wobei das Verschlusselement (40) ein vorstehendes Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) aufweist, um das Verschlusselement (40) in die Öffnung (45) zu montieren, und wobei zwischen dem Verschlusselement (40) und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) eine Sollbruchstelle (54) ausgebildet ist;
 - c) Montieren des Verschlusselements (40) in die Öffnung (45);
 - d) Aufbringen eines Abreißdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53), insbesondere mittels eines Werkzeugs; und
 - e) Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofils (53) an der Sollbruchstelle (54) von dem in der Öffnung (45) gesicherten Verschlusselement (40).
2. Montageverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Bohrung (44) des ersten Pleuelteils (2) an einem umgebungsoffenen Ende eine Öffnung (45) mit einem Gewindeabschnitt (46) aufweist und das Verschlusselement (40) als Schraubenkörper (48) mit einem Gewinde (51) ausgeführt ist, wobei in einem nach Schritt b) und vor Schritt c) vorgesehenen Schritt b1) ein Werkzeug zum Aufbringen eines Anzugsdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) bereitgestellt wird und in Schritt c) der Schraubenkörper (48) in den Gewindeabschnitt (46) der Öffnung eingeschraubt wird.
3. Montageverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einem nach Schritt c) und vor Schritt d) vorgesehenen Schritt c1) mittels des Werkzeugs zur Sicherung des Schraubenkörpers (48) in der Öffnung (45) ein Sicherungsdrehmoment auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) aufgebracht wird.
4. Montageverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das in Schritt d) aufgebrachte Abreißdrehmoment größer als das Sicherungsdrehmoment ist.

5. Montageverfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherungsdrehmoments zur Sicherung der Verschlussschraube (40) in der Öffnung zwischen 2 Nm und 40 Nm beträgt.
6. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlussschraube (40) einen Dichtungskegel (52) aufweist, der auf der Innenseite des Schraubenkörpers (48) an das Gewinde (51) anschließt, bevorzugt direkt an das Gewinde (51) angrenzt, zum hochdrucksicheren Abdichten der Öffnung (45) der Bohrung (44) am Dichtungskegel (52) mittels des mit dem Sicherungsdrehmoment gesicherten Schraubenkörpers (48).
7. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlusselement (40) und das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) einteilig ausgebildet sind, wobei die Sollbruchstelle (54) zwischen dem Verschlusselement (40) und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) als Einschnürung gegenüber dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) ausgebildet ist.
8. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei das Abreißdrehmoment mindestens 10 % größer, bevorzugt mindestens 25 % größer, als das Sicherungsdrehmoment ist.
9. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) ein Kantprofil ist, bevorzugt ein Vierkant- oder ein Sechskantprofil ist.
10. Montageverfahren nach Anspruch 9, wobei das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Sollbruchstelle (54) und einer Schlüsselweite des Kantprofils kleiner als 0,75, bevorzugt kleiner als 0,6, ist.
11. Verschlusselement (40) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem Schraubenkörper (48) und einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53), wobei der Schraubenkörper (48) ein Gewinde (51) aufweist, um den Schraubenkörper (48) in eine Öffnung (45) eines gehäusefesten ersten Pleuelteils (2) der längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem Gewindeabschnitt (46) einzuschrauben, und wobei zwischen dem Schraubenkörper (48) und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) eine Sollbruchstelle (54) vorgesehen ist, um nach dem Einschrauben und Sichern des Schraubenkörpers (48) in

der Öffnung (45) des gehäusefesten ersten Pleuelteils (2) ein gezieltes Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofils (53) vom Schraubenkörper (48) zu ermöglichen.

12. Verschlusselement (40) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewinde (51) des Schraubenkörpers (48) einen Außendurchmesser zwischen 2 und 6 mm, bevorzugt zwischen 2 und 4 mm, aufweist.
13. Längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor mit einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange (1), wobei ein erstes Pleuelteil (2) der längenverstellbaren Pleuelstange (1) mindestens eine Bohrung (44) für die Anordnung oder Versorgung der hydraulischen Steuereinrichtung (21) aufweist, und mit mindestens einem Verschlusselement (40) zum Verschließen einer Öffnung (45) der Bohrung (44) für die hydraulischen Steuereinrichtung (21) in der längenverstellbaren Pleuelstange (1),
dadurch gekennzeichnet, dass das in der Öffnung (45) montierte Verschlusselement (40) eine werkzeugaufnahmefreie nach Außen weisende Verschlussfläche (49) aufweist, wobei die Verschlussfläche (49) einen Bruchflächenanteil (50) aufweist.
14. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Steuereinrichtung (21) ein hydraulisches Steuerventil (34), mindestens zwei vom Steuerventil (34) betätigbare Ablassventile (41,42), mindestens zwei Rückschlagventile und mehrere Hydraulikmittelkanäle aufweist, wobei das hydraulische Steuerventil (34), ein Ablassventil (41,42), ein Rückschlagventil oder ein Hydraulikmittelkanal in der mindestens einen Bohrung (44) vorgesehen sind.
15. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass weiter ein verstellbares Pleuelteil (3) vorgesehen ist, wobei das verstellbare Pleuelteil (3) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und das Pleuelteil (2) ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens aufweist, und wobei das verstellbare Pleuelteil (3) gegenüber dem Pleuelteil (2) in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen zu verstellen.
16. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine mit der hydraulischen Steuereinrichtung

(21) hydraulisch verbundene Zylinder-Kolben-Einheit (10) vorgesehen ist, um das verstellbar Pleuelteil (3) relativ zum Pleuelteil (2) zu bewegen, wobei das verstellbare Pleuelteil (3) mit einem Verstellkolben (9) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) verbunden ist und das Pleuelteil (2) eine Zylinderbohrung (12) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) aufweist.

17. 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 13 bis 16.

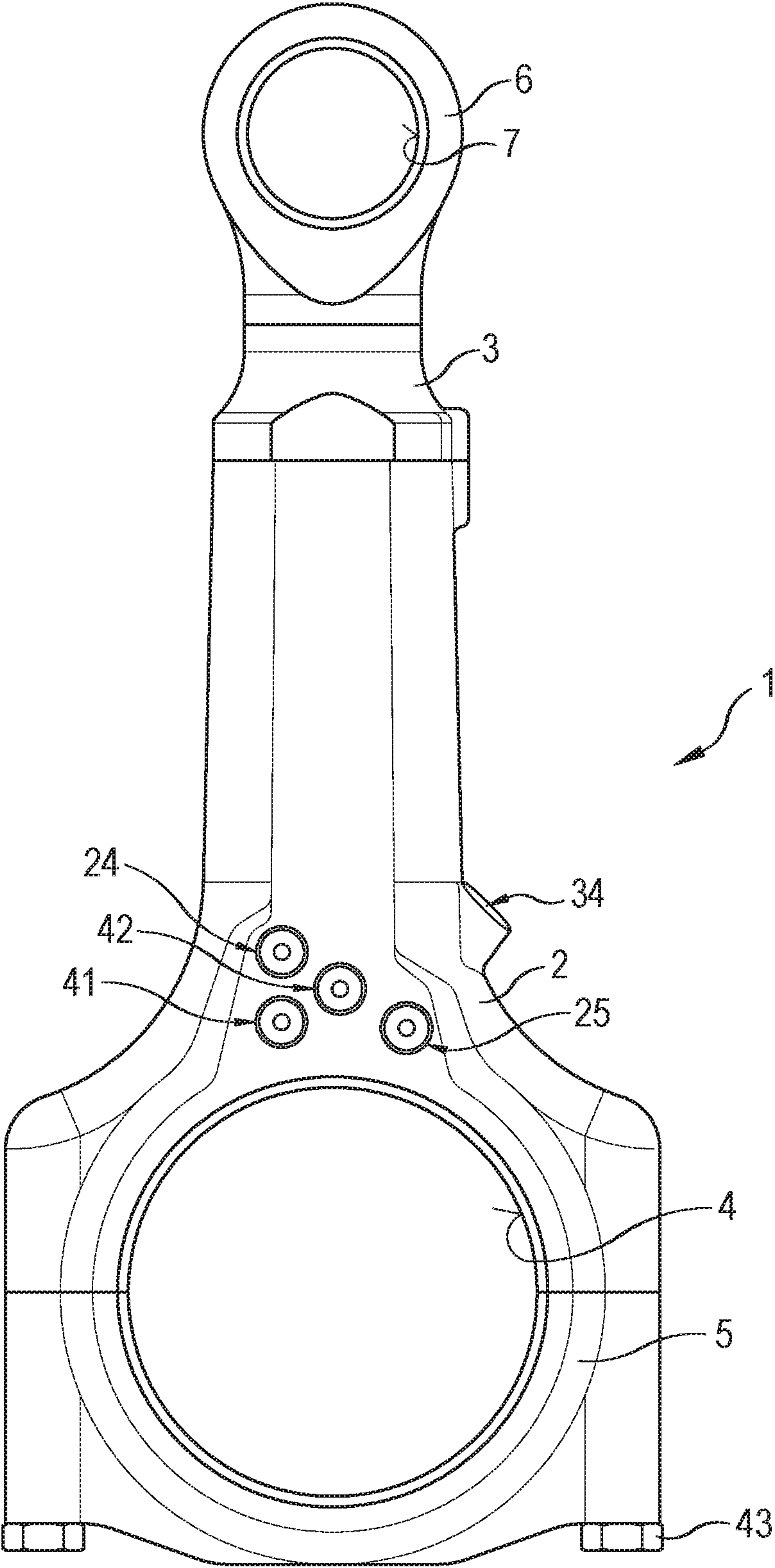
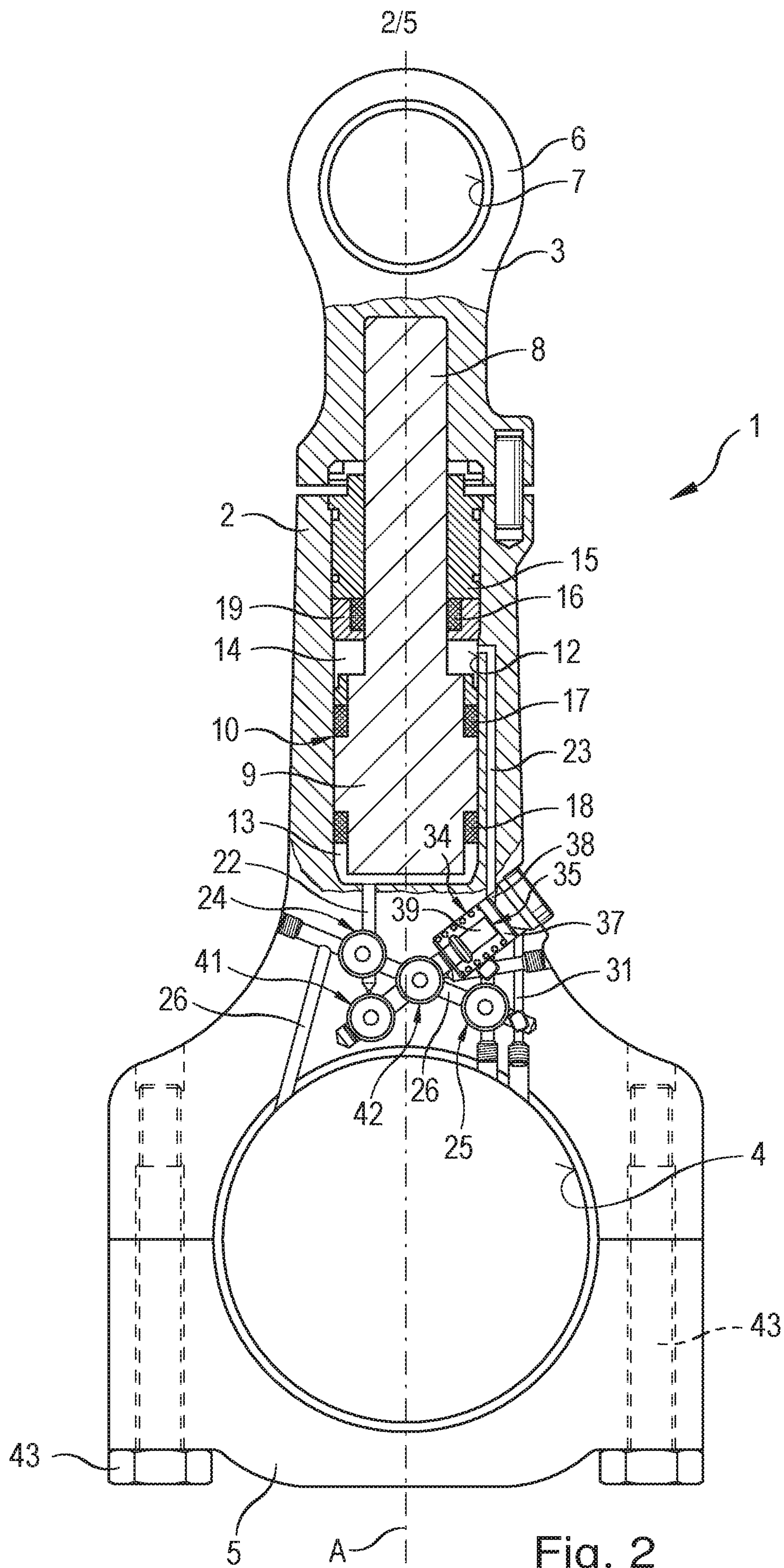
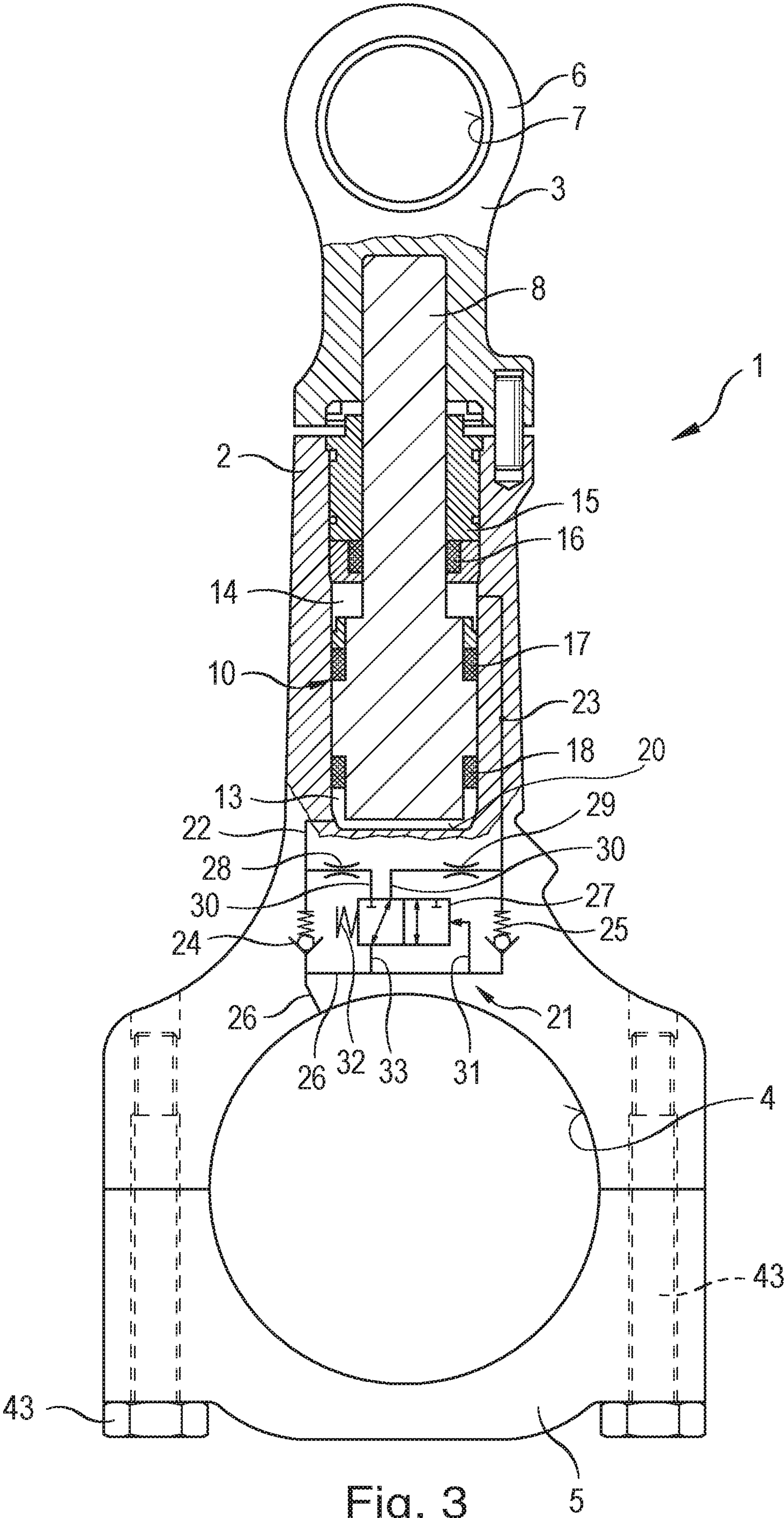


Fig. 1



3/5



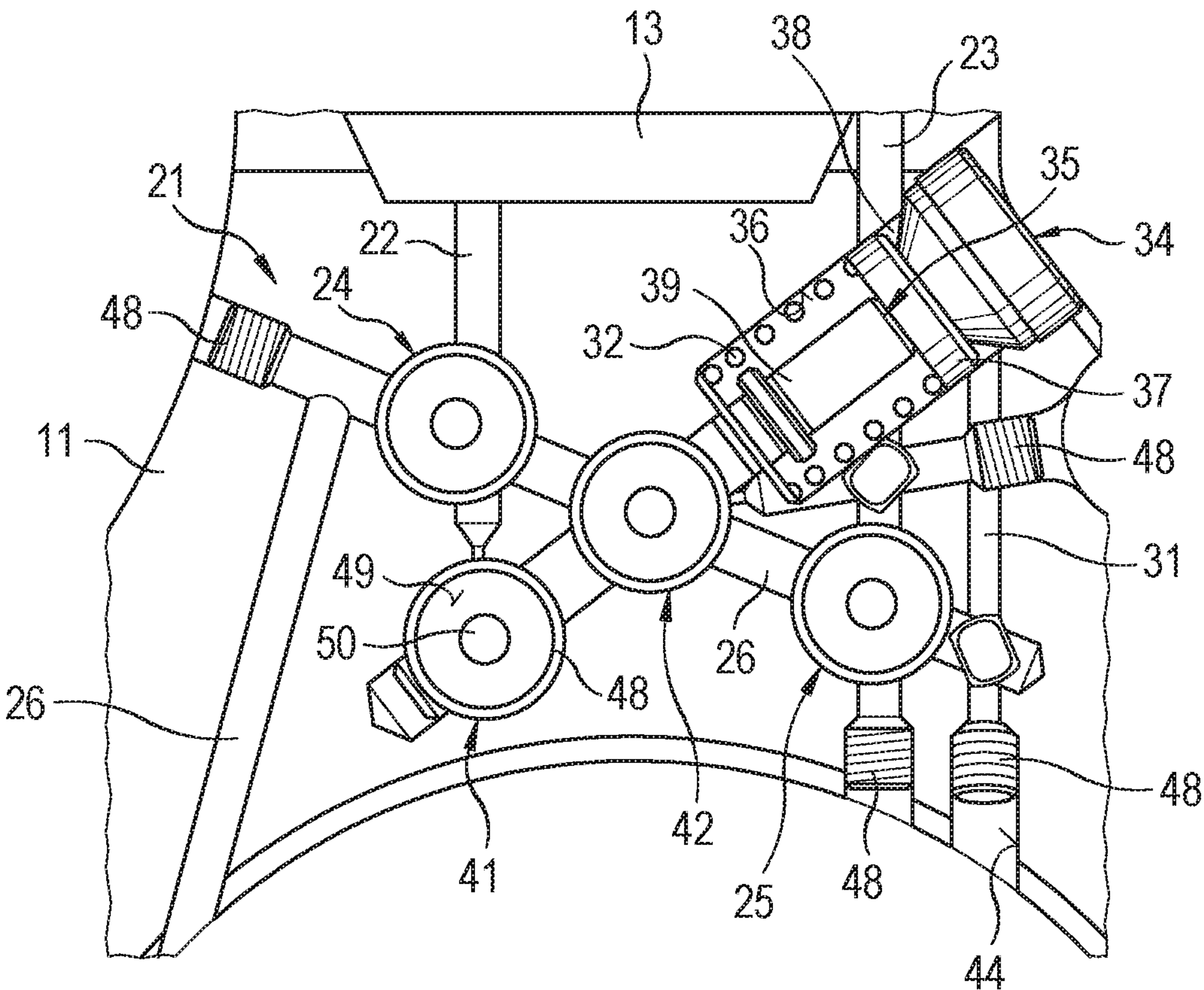


Fig. 4

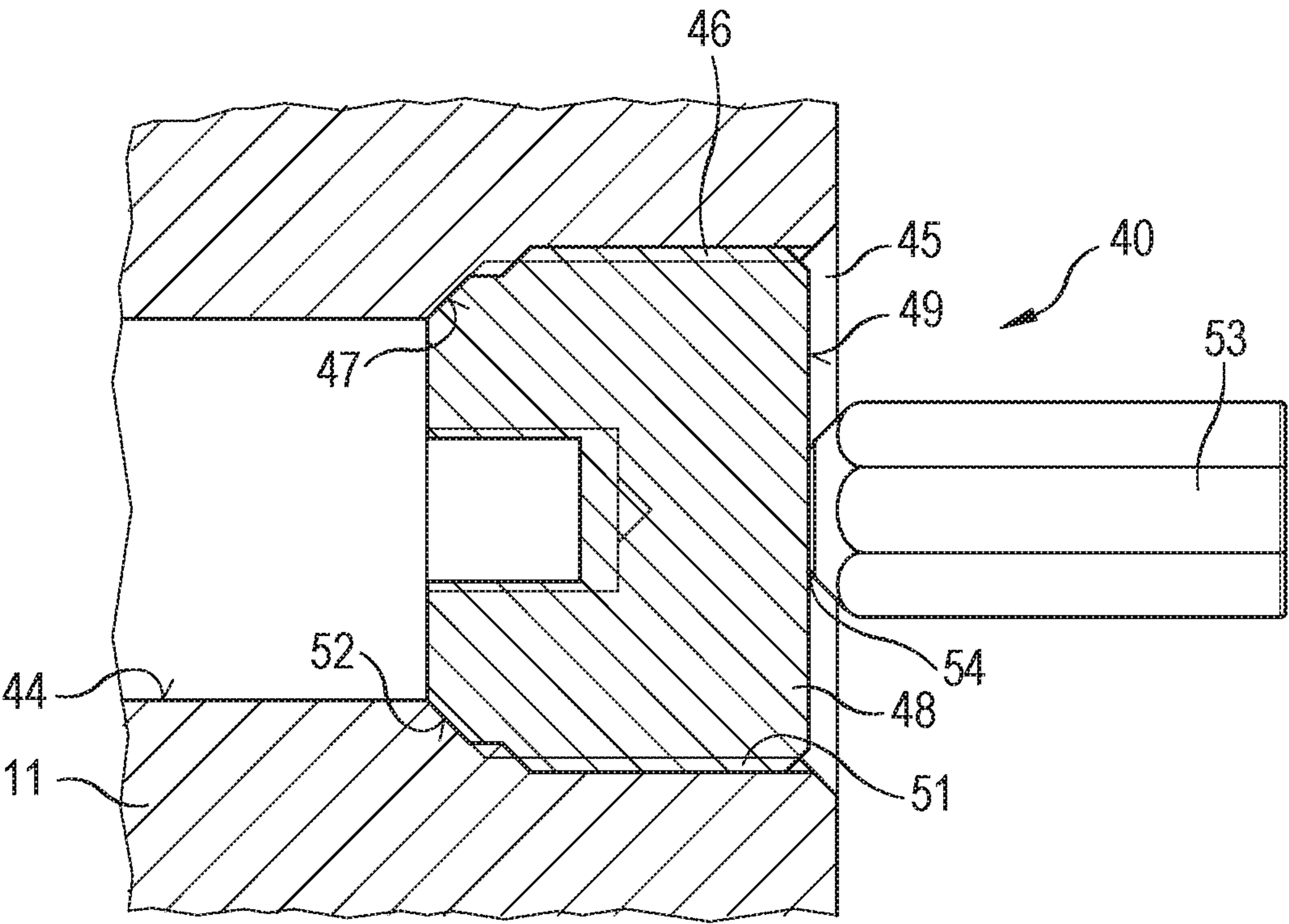


Fig. 5

Ansprüche

1. Verfahren zum Montieren eines gehäusefesten Verschlusselements (40) in einem ersten Pleuelteil (2) einer längenverstellbaren Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor mit den folgenden Schritten:
 - a) Bereitstellen des ersten Pleuelteils (2) mit mindestens einer Bohrung (44), insbesondere für eine hydraulische Steuereinrichtung (21) zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange (1), wobei die mindestens eine Bohrung (44) des ersten Pleuelteils (2) an einem umgebungsoffenen Ende eine Öffnung (45) mit einem Gewindeabschnitt (46) aufweist;
 - b) Bereitstellen eines als Schraubenkörper (48) mit einem Gewinde (51) ausgeführten Verschlusselements (40) zum Verschließen der Öffnung (45), wobei das Verschlusselement (40) ein vorstehendes Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) aufweist, um das Verschlusselement (40) in die Öffnung (45) zu montieren, und zwischen dem Verschlusselement (40) und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) eine Sollbruchstelle (54) ausgebildet ist, und wobei die Verschlussschraube (40) einen Dichtungskegel (52) aufweist, der auf der Innenseite des Schraubenkörpers (48) an das Gewinde (51) anschließt;
 - b1) Bereitstellen eines Werkzeugs zum Aufbringen eines Anzugsdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53);
 - c) Montieren des Verschlusselements (40) in die Öffnung (45) durch Einschrauben des Schraubenkörpers (48) in den Gewindeabschnitt (46) der Öffnung (45);
 - c1) Aufbringen eines Sicherungsdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) mittels des Werkzeugs zur Sicherung des Schraubenkörpers (48) in der Öffnung (45) und hochdrucksicheres Abdichten der Öffnung (45) der Bohrung (44) am Dichtungskegel (52) mittels des mit dem Sicherungsdrehmoment gesicherten Schraubenkörpers (48);
 - d) Aufbringen eines Abreißdrehmoments auf das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53), insbesondere mittels eines Werkzeugs; und
 - e) Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofils (53) an der Sollbruchstelle (54) von dem in der Öffnung (45) gesicherten Verschlusselement (40).
2. Montageverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das in Schritt d) aufgebrauchte Abreißdrehmoment größer als das Sicherungsdrehmoment ist.

3. Montageverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherungsdrehmoments zur Sicherung der Verschlussschraube (40) in der Öffnung zwischen 2 Nm und 40 Nm beträgt.
4. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Dichtungskegel (52) direkt an das Gewinde (51) angrenzt.
5. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlusselement (40) und das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) einteilig ausgebildet sind, wobei die Sollbruchstelle (54) zwischen dem Verschlusselement (40) und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) als Einschnürung gegenüber dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) ausgebildet ist.
6. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Abreißdrehmoment mindestens 10 % größer, bevorzugt mindestens 25 % größer, als das Sicherungsdrehmoment ist.
7. Montageverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) ein Kantprofil ist, bevorzugt ein Vierkant- oder ein Sechskantprofil ist.
8. Montageverfahren nach Anspruch 7, wobei das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Sollbruchstelle (54) und einer Schlüsselweite des Kantprofils kleiner als 0,75, bevorzugt kleiner als 0,6, ist.
9. Verschlusselement (40) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem Schraubenkörper (48) und einem vorstehenden Werkzeug-Aufnahmeprofil (53), wobei der Schraubenkörper (48) ein Gewinde (51) aufweist, um den Schraubenkörper (48) in eine Öffnung (45) eines gehäusefesten ersten Pleuelteils (2) der längenverstellbare Pleuelstange (1) mit einem Gewindeabschnitt (46) einzuschrauben, und wobei zwischen dem Schraubenkörper (48) und dem Werkzeug-Aufnahmeprofil (53) eine Sollbruchstelle (54) vorgesehen ist, um nach dem Einschrauben und Sichern des Schraubenkörpers (48) in der Öffnung (45) des gehäusefesten ersten Pleuelteils (2) ein gezieltes Abscheren des Werkzeug-Aufnahmeprofils (53) vom Schraubenkörper (48) zu ermöglichen, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewinde (51) als Außengewinde ausgeführt ist und einen sich in

einem montierten Zustand des Verschlusselements (40) an einer Innenseite des Schraubenkörpers (48) an das Gewinde (51) anschließenden Dichtungskegel (52) aufweist.

10. Verschlusselement (40) für eine längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewinde (51) des Schraubenkörpers (48) einen Außendurchmesser zwischen 2 und 6 mm, bevorzugt zwischen 2 und 4 mm, aufweist.
11. Längenverstellbare Pleuelstange (1) für einen Kolbenmotor mit einer hydraulischen Steuereinrichtung (21) zum Einstellen der Wirklänge der längenverstellbaren Pleuelstange (1), wobei ein erstes Pleuelteil (2) der längenverstellbaren Pleuelstange (1) mindestens eine Bohrung (44) für die Anordnung oder Versorgung der hydraulischen Steuereinrichtung (21) aufweist, und mit mindestens einem Verschlusselement (40) zum Verschließen einer Öffnung (45) der Bohrung (44) für die hydraulischen Steuereinrichtung (21) in der längenverstellbaren Pleuelstange (1),
dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung (44) an ihrem umgebungsoffenen Ende mit einem Innengewinde (46) und einer geneigten Dichtungsfläche (47) ausgeführt ist und das in der Öffnung (45) montierte Verschlusselement (40) einen Schraubenkörper (48) mit einem Außengewinde (51) und einem sich auf der Innenseite des Schraubenkörpers (48) anschließenden Dichtungskegel (52) aufweist, wobei die Bohrung (44) an der Dichtungsfläche (47) der Öffnung (45) durch den Dichtungskegel (52) des Schraubenkörpers (48) abdichtbar ist und das Verschlusselement (40) eine werkzeugaufnahmefreie nach Außen weisende Verschlussfläche (49) aufweist, wobei die Verschlussfläche (49) einen Bruchflächenanteil (50) aufweist.
12. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Steuereinrichtung (21) ein hydraulisches Steuerventil (34), mindestens zwei vom Steuerventil (34) betätigbare Ablassventile (41,42), mindestens zwei Rückschlagventile und mehrere Hydraulikmittelkanäle aufweist, wobei das hydraulische Steuerventil (34), ein Ablassventil (41,42), ein Rückschlagventil oder ein Hydraulikmittelkanal in der mindestens einen Bohrung (44) vorgesehen sind.
13. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass weiter ein verstellbares Pleuelteil (3) vorgesehen ist, wobei das verstellbare Pleuelteil (3) ein erstes Pleuelauge (7) zur Aufnahme eines Kolbenbolzens und das Pleuelteil (2) ein zweites Pleuelauge (4) zur Aufnahme eines Kurbelwellenzapfens

aufweist, und wobei das verstellbare Pleuelteil (3) gegenüber dem Pleuelteil (2) in Längsrichtung (A) der Pleuelstange (1) bewegbar ist, bevorzugt teleskopierbar, um den Abstand zwischen dem Kolbenbolzen und dem Kurbelwellenzapfen zu verstellen.

14. Längenverstellbare Pleuelstange (1) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine mit der hydraulischen Steuereinrichtung (21) hydraulisch verbundene Zylinder-Kolben-Einheit (10) vorgesehen ist, um das verstellbare Pleuelteil (3) relativ zum Pleuelteil (2) zu bewegen, wobei das verstellbare Pleuelteil (3) mit einem Verstellkolben (9) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) verbunden ist und das Pleuelteil (2) eine Zylinderbohrung (12) der Zylinder-Kolben-Einheit (10) aufweist.
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 11 bis 14.