



(11)

EP 2 426 336 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2017 Patentblatt 2017/23

(51) Int Cl.:
F02B 75/06^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11006549.7**

(22) Anmeldetag: **09.08.2011**

(54) Kolben mit zwei Schwenklagern und Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine

Piston with two pivot bearings and double crankshaft piston engine

Piston doté de deux pivots et machine à piston à double vilebrequins

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **04.09.2010 US 807413**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.03.2012 Patentblatt 2012/10

(60) Teilanmeldung:
16000960.1 / 3 088 701

(73) Patentinhaber: **Neander Motors AG
24143 Kiel (DE)**

(72) Erfinder:
• **Betzmeir, Helmut
85521 Ottobrunn (DE)**
• **Kirk, John David
Fond du Lac
Wisconsin 54937-7372 (US)**

(74) Vertreter: **Schlimme, Wolfram
Haidgraben 2
85521 Ottobrunn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1-102004 016 203 JP-A- 10 220 547
JP-A- 58 166 159 JP-U- 61 149 745
US-A- 5 674 053 US-A- 5 732 673
US-A- 5 769 610**

EP 2 426 336 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Ein Problem bei Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschinen ist es, die beiden umlaufenden Kurbelwellen miteinander zu synchronisieren. Dabei ist jede der Kurbelwellen beispielsweise mit einem Synchronisationszahnrad versehen, wobei die Synchronisationszahnräder miteinander im Eingriff stehen. Durch thermische Einflüsse während des Betriebs der Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine oder auch durch Verschleiß an den Zahnflanken der Synchronisationszahnräder kann ein Spiel zwischen den miteinander kämmenden Zähnen der Synchronisationszahnräder auftreten, welches wiederum eine geringfügige Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelwellen hervorruft, wodurch ein unerwünschtes Kippen des Kolbens im Zylinder verursacht werden kann. Bei einer derartigen Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelwellen laufen die Kurbelwellen und mit ihnen der gesamte Kurbeltrieb zwar noch zeitlich synchronisiert gegenläufig um, doch eilt eine der Kurbelwellen gegenüber der anderen Kurbelwelle beim Umlauf vor, so dass die kurbelwellenseitigen Pleuellagerachsen nicht zeitgleich, sondern nacheinander ihren oberen Totpunkt erreichen. Dies wiederum führt dazu, dass auch die kolbenseitigen Pleuellager zeitlich nacheinander ihren oberen Totpunkt erreichen, was zu einer Kippbewegung im Kolben führt. Dieser Vorlauf der einen Kurbelwelle gegenüber der anderen Kurbelwelle gilt selbstverständlich für den gesamten Umlauf der synchronisierten und daher mit gleicher Geschwindigkeit umlaufenden Kurbelwellen, was in dieser Anmeldung als "Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelwellen" bezeichnet wird. Durch diese Asymmetrie wird, wie bereits dargelegt worden ist, im oberen Totpunkt des Kolbens ein Kippmoment zu einer Seite hin auf den Kolben hin ausgeübt und im unteren Totpunkt des Kolbens ein entsprechendes Kippmoment zur anderen Seite. Der Kolben beschreibt daher bei seiner Aufwärts- und Abwärts-Bewegung gleichzeitig eine sich im jeweiligen Totpunkt umkehrende Kippbewegung zur einen Seite und zur anderen Seite in der Ebene, die die Kurbelwellenachsen rechtwinklig schneidet.

STAND DER TECHNIK

[0003] Um dieses Problem zu lösen, wird in der US 2010/0077984 A1 vorgeschlagen, zur Vermeidung eines Spiels zwischen den Zahnflanken die beiden Kurbelwellen in einem gemeinsamen Lagerblock zu lagern und das Material des Lagerblocks sowie das Material der Kurbelwellen und der Synchronisationszahnräder bezüglich ihres thermischen Ausdehnungskoeffizienten so auszuwählen, dass die thermische Ausdehnung des Lager-

blocks zwischen den beiden Rotationsachsen der Kurbelwellen im wesentlichen identisch mit der thermischen Ausdehnung der Synchronisationszahnräder ist. Der konstruktive Aufwand hierfür ist jedoch nicht unerheblich.

[0004] Aus der DE 10 2006 060 660 A1 ist ein verstellbarer Lagerstuhl für eine Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine bekannt, bei der der Abstand zwischen den Kurbelwellenachsen verstellbar ausgebildet ist, sodass auf diese Weise ein unerwünschtes Lagerspiel und Zahnflankenspiel beseitigt werden kann. Auch diese Lösung ist von der technischen Umsetzung her verhältnismäßig aufwändig.

[0005] Aus der DE 10 2006 036 827 A1 ist es bekannt, bei einer Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine einen Kolben mit einer balligen Außenkontur vorzusehen. Dieser Kolben toleriert ein bei einer Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelwellen auftretendes geringfügiges Verkippen der Kolbenlängsachse gegenüber der Zylinderlängsachse, ohne dass es zu einem Verklemmen des Kolbens im Zylinder oder zu einer erhöhten Reibung kommt.

[0006] Die US 5,732,673 A zeigt und beschreibt eine Kolben-Zylinder-Maschine mit variablem Hub. Diese Maschine ist mit zwei parallel zueinander verlaufenden Kurbelwellen ausgestattet, die gleichsinnig drehen und über ein Zahnradgetriebe miteinander synchronisiert sind. Jeder Kolben ist über jeweils ein Pleuel mit den beiden Kurbelwellen verbunden, wobei die Pleuel auf den Kurbelwellen in üblicher Weise drehbar gelagert sind. Im Kolben ist ein in der Kolbenmittelebene schwenkbar gelagerter Schwinghebel vorgesehen, an dessen jeweiligem Ende eines der Pleuel schwenkbar gelagert ist. Dabei verlaufen die Pleuel derart, dass sie jeweils die Kolbenmittelebene durchgreifen. Aufgabe dieser Konstruktion ist es, den Kolbenhub variabel zu gestalten, um das Verdichtungsverhältnis variabel einstellen zu können. Dazu erfolgt eine gezielte Verstellung der Rotationslage der beiden Kurbelwellen relativ zueinander, was in Verbindung mit der gleichsinnigen Drehrichtung der Kurbelwellen dazu führt, dass die obere Totpunktlage und die untere Totpunktlage des Kolbens einen anderen Abstand zueinander aufweisen als im Fall von nicht zueinander winkelvversetzten Kurbelwellen.

[0007] Die US 5,769,610 A und die US 5,674,053 A zeigen und beschreiben einen Hochdruckkompressor, der mit einem Doppelkurbelwellen-Antrieb ausgestattet ist, wobei jedem Kolben ein mit einer jeweiligen Kurbelwelle in herkömmlicher Weise verbundenes Pleuel zugeordnet ist und wobei die beiden Pleuel im Kolben in einem sphärischen Lager gelagert sind. Die beiden Kurbelwellen drehen gegensinnig und die mit dem Kolben verbundenen Pleuel überkreuzen einander nicht. Im Bereich ihrer kolbenseitigen Lagerung stehen die beiden Pleuel miteinander in gegenseitigem rollenden Kontakt.

[0008] Die DE 10 2004 016 203 A1 zeigt und beschreibt eine Hubkolben-Brennkraftmaschine mit einer Doppelkurbelwellen-Anordnung, bei der es um die Aufgabe geht, den Lagerpunkt zwischen den beiden Pleuelstangen und dem Kolben in Richtung der beiden Kurbelwellen

zu verlegen und dadurch aus einem heißen und schädigenden Bereich des Zylinders heraus zu verlegen. Es sind dort unterschiedliche Varianten der Anlenkung der Pleuel an eine mit dem Kolben verbundene und aus dem Zylinder herausgeführte Stange gezeigt, wobei einige Varianten einen gelenkig mit der Stange an ihrem vom Kolben abgewandten Ende schwenkbar gelagerten Gelenkkopf aufweisen, an welchem ein jeweiliges Pleuel gelenkig gelagert ist.

[0009] Die JP 10220547 A zeigt eine Kolben-Zylinder-Anordnung, in der ein Kolben mit einer langen Kolbenstange, die über ein Axiallager aus einem Zylindergehäuse herausgeführt ist, über einen gelenkig mit dem vom Kolben abgewandten Ende der Kolbenstange verbundenen Gelenkkopf verbunden ist, an welchem zwei Pleuel eines Doppelkurbelwellen-Kurbeltriebs angelenkt sind. In einer anderen Ausführungsform ist die Kolbenstange im Kolben an einem "Joint" gelagert und möglicherweise dort schwenkbar. An dem vom Kolben abgewandten Ende der Kolbenstange sind an einem Gelenkkopf die beiden Pleuelstangen seitlich voneinander beabstandet gelagert.

[0010] Die JP 61-149745 U zeigt eine Doppelkurbelwellen-Kolben-Zylinder-Anordnung, bei der die Kurbelwellen gegensinnig synchron drehen und über Zahnräder miteinander im Synchronisationseingriff stehen und bei dem die Pleuel an einer gemeinsamen Achse am Zylinder angelenkt sind.

[0011] Die BE 423 799 A zeigt und beschreibt einen Kolben mit zwei Schwenklagern zur schwenkbaren Lagerung jeweils eines Pleuels am Kolben um eine jeweilige Pleuelschwenkachse, wobei die beiden Pleuelschwenkachsen parallel zueinander und seitlich voneinander beabstandet verlaufen und wobei die beiden Schwenklager an einem Lagerelement vorgesehen sind, das am Kolben um eine Lagerschwenkachse schwenkbar gelagert ist, die parallel zu den Pleuelschwenkachsen verläuft. Mit dieser Lagerkonstruktion soll erreicht werden, dass beim Auftreten von Verschleiß an Organen des Kurbeltriebs oder bei anderer Schadhaftheit des Kurbeltriebs das Lagerelement im Kolben leicht oszilliert.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, bei einer gattungsgemäßen Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine zu gewährleisten, dass die beim Auftreten von Verschleiß im Kurbeltrieb angestrebte Oszillationsbewegung des Lagerelements im Kolben zuverlässig erfolgen kann, auch wenn die Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine schon eine längere Zeit in Betrieb gewesen ist.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0014] Diese Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine, die zumindest eine Kolben-Zylinder-Einheit aufweist, ist versehen mit einem Zylinder, in dem ein Hubkolben hin- und herbewegbar angeordnet ist, mit einer ersten Kur-

belwelle, mit einer zweiten Kurbelwelle, wobei die erste Kurbelwelle und die zweite Kurbelwelle zueinander parallel verlaufen und sich gegensinnig synchron drehen, wobei die Drehachsen der beiden Kurbelwellen zu einer gemeinsamen Zylinder-Mittelebene parallel verlaufen und bezüglich dieser seitlich versetzt sind, wobei dem Hubkolben ein erstes und ein zweites Pleuel derart zugeordnet sind, dass das erste Pleuel mit seinem ersten Ende in einem ersten Schwenklager um eine erste Pleuelschwenkachse schwenkbar am Hubkolben und mit seinem zweiten Ende an einem Kurbelzapfen der ersten Kurbelwelle drehbar gelagert ist und dass das zweite Pleuel mit seinem ersten Ende in einem zweiten Schwenklager um eine zweite Pleuelschwenkachse schwenkbar am Hubkolben und mit seinem zweiten Ende an einem Kurbelzapfen der zweiten Kurbelwelle drehbar gelagert ist, wobei die Schwenklager an einem Lagerelement vorgesehen sind, welches am Kolben um eine Lagerschwenkachse schwenkbar gelagert ist, die parallel zu den Pleuelschwenkachsen verläuft. Diese Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass die Anordnung aus den beiden gegensinnig synchron umlaufenden Kurbelwellen so gestaltet ist, dass die Kurbelzapfen bereits im Neuzustand, wenn noch kein Verschleiß aufgetreten ist, geringfügig asymmetrisch gegensinnig umlaufen..

VORTEILE

[0015] Diese erfindungsgemäß gegenüber dem Stand der Technik vorgesehene gezielte Asymmetrie des Kurbeltriebs bereits im Neuzustand der Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine bewirkt, dass die Oszillationsbewegung des Lagerelements im Kolben bereits bei erstmaliger Inbetriebnahme der Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine stattfindet. Das Lagerelement führt somit ständig, also auch im Neuzustand, eine pendelnde Schwenkbewegung in der Bohrung des Kolbens aus. Eine aufgrund der revolvierenden Bewegung des Kolbens im Punkt der Bewegungsumkehr auftretende hohe Lagerpressung tritt daher nicht lokal als Punktlast auf, wodurch eine durch Lagerpressung hervorgerufene punktuelle Verformung der Lagerflächen verhindert wird.

[0016] Tritt nun zusätzlich Verschleiß im Kurbeltrieb auf, so kann sich das Lagerelement bei einem Ungleichlauf der Pleuel, also bei einer Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelwellen, gegenüber dem Kolben weiter verdrehen und kompensiert somit - wie im Stand der Technik - die verschleißbedingte Asymmetrie des Umlaufs der beiden Kurbelwellen, ohne dass der Kolben dabei mit seiner Kolbenlängsachse bezüglich der Zylinderlängsachse verkippt wird. Der symmetrische Aufbau sorgt für symmetrische Kraftverhältnisse und vorteilhafte kinematische Verhältnisse.

[0017] Es ist von Vorteil, wenn die Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelzapfen maximal 5° beträgt, vorzugsweise zwischen 1° und 3° beträgt, weiter vorzugsweise 2° beträgt.

[0018] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelzapfen durch einen Winkelversatz von 1 bis 6 Zähnen zwischen miteinander im Eingriff stehenden Synchronisationszahnradern der ersten beziehungsweise der zweiten Kurbelwelle bewirkt ist.

[0019] Vorzugsweise ist die Lagerschwenkachse, in einer die Lagerschwenkachse rechtwinklig schneidende Schwenkebene gemessen, von den Pleuelschwenkachsen jeweils gleich beabstandet. Dieser symmetrische Aufbau sorgt für symmetrische Kraftverhältnisse.

[0020] Die Lagerschwenkachse liegt bevorzugt auf der Mitte einer die Pleuelschwenkachsen in der Schwenkebene miteinander verbindenden Geraden. Auch durch diese Ausführungsform werden vorteilhafte kinematische Verhältnisse geschaffen.

[0021] Eine bevorzugte Weiterbildung der Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine zeichnet sich dadurch aus, dass das Lagerelement eine kreisförmige Kontur oder zwei, vorzugsweise symmetrisch zueinander gelegene, kreissegmentförmige Konturen aufweist, deren Kreismittelpunkt auf der Lagerschwenkachse liegt, dass der Kolben mit einer angepassten kreisförmigen Kontur beziehungsweise mit angepassten kreissegmentförmigen Konturen versehen ist, deren Kreismittelpunkt ebenfalls auf der Lagerschwenkachse liegt, und dass die kreisförmigen beziehungsweise kreissegmentförmigen Konturen des Lagerelements und die kreisförmigen beziehungsweise kreissegmentförmigen Konturen des Kolbens in gegenseitiger Berührung, aber relativ zueinander um die gemeinsame Lagerschwenkachse bewegbar angeordnet sind. Diese kreisförmige oder kreissegmentförmige Ausbildung des Lagerelements lässt sich besonders einfach in den Kolben integrieren.

[0022] Das Lagerelement kann dabei als Scheibe oder als Ring ausgebildet sein und die kreisförmige Kontur beziehungsweise die kreissegmentförmigen Konturen ist beziehungsweise sind an einem Außenumfangsrand des Lagerelements ausgebildet. Alternativ kann das Lagerelement als Ring ausgebildet sein und die kreisförmige Kontur beziehungsweise die kreissegmentförmigen Konturen kann beziehungsweise können an einem Innenumfangsrand des Lagerelements ausgebildet sein.

[0023] Der Kern der Erfindung liegt also darin, dass die Anordnung aus den beiden gegensinnig synchron laufenden Kurbelwellen so gestaltet ist, dass die Kurbelzapfen gegensinnig, aber geringfügig asymmetrisch umlaufen. Dieser asymmetrische Umlauf bedeutet, dass der Kurbelzapfen der einen Kurbelwelle gegenüber dem Kurbelzapfen der anderen Kurbelwelle geringfügig vorteilt, also beispielsweise seinen oberen Totpunkt und seinen unteren Totpunkt geringfügig früher erreicht, als der andere Kurbelzapfen. Diese gezielt geschaffene Asymmetrie sorgt dafür, dass im Idealfall, in welchem kein Verschleiß in den Synchronisationszahnradern vorliegt, trotzdem eine geringfügige Relativdrehung des Lagerelements gegenüber dem Kolben stattfindet, um zu verhindern, dass die Lagerung des Lagerelements im Kolben durch statische Dauerbelastung verformt wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0024] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In dieser zeigt:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Stirnansicht einer Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine mit einem erfindungsgemäßen Kolben;

Fig. 2 einen Vertikalschnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1;

Fig. 3 eine teilweise geschnittene Stirnansicht einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kolbens;

Fig. 4 eine teilweise geschnittene Stirnansicht einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kolbens und

Fig. 5 eine Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung bei geringfügiger Asynchronität des Kurbeltriebs.

DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0025] In Fig. 1 ist eine Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem erfindungsgemäßen Kolben 1 gezeigt, der in einem mit einem Zylinderkopf 20 versehenen Zylinder 2 entlang der im Idealfall der Kolbenachse vom unteren Pleuelauge 50, 60 erstreckt sich jeweils ein Pleuelschaft 52, 62 des jeweiligen Pleuels 5, 6 nach oben zum Kolben 1. An seinem oberen, kolbenseitigen Ende ist das jeweilige Pleuel 5, 6 mit einem oberen Pleuelauge 54, 64 versehen, welches jeweils auf einem kolbenseitigen Pleuelzapfen 14, 16 um eine zugeordnete obere Pleuelschwenkachse oder Pleuelaugenachse Y5, Y6 in einer die Pleuelschwenkachsen rechtwinklig schneidenden Schwenkebene E1 schwenkbar gelagert ist.

[0026] Die oberen, kolbenseitigen Pleuellagerzapfen 14, 16 bilden somit Schwenklager 55, 65 zur gelenkigen Lagerung jeweils eines Pleuels 5, 6 am Kolben 1.

[0027] Die oberen, kolbenseitigen Pleuellagerzapfen 14, 16 sind in einem im Kolbenkörper 10 schwenkbar gelagerten Lagerelement 12 vorgesehen. Die Schwenkachse Y7 des Lagerelements 12 verläuft parallel zu den Schwenkachsen Y5 und Y6 der oberen Schwenklager 55, 65 der Pleuel 5, 6.

[0028] Die Lagerschwenkachse Y7 liegt auf der Mitte einer die Pleuelschwenkachsen Y5, Y6 in der Schwenkebene E1 miteinander verbindenden Geraden G und ist somit von beiden Pleuelschwenkachsen Y5, Y6 gleich beabstandet.

[0029] Der Aufbau des Lagerelements 12 wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 1 und 2 erläutert.

[0030] Das Lagerelement 12 besitzt eine kreisförmige zylindrische Außenkontur 13, deren Kreismittelpunkt auf der Achse Y7 liegt. Mit dieser kreisförmigen Außenkontur 13 ist das zylindrisch ausgebildete Lagerelement 12 in einer angepassten Bohrung 15 in einem unteren Bereich des Kolbens 1 drehbar aufgenommen. Die Bohrung 15 ist in einem dem Kurbeltrieb zugewandten unteren Stegabschnitt 17 des Kolbens 1 ausgebildet. Dieser Stegabschnitt 17 liegt auf der vom Kolbenboden 18 des Kolbens 1 abgewandten Seite.

[0031] Das Lagerelement 12 besitzt zwei voneinander abgewandte, stirnseitige Wandabschnitte 12', 12", die in Richtung der Schwenkachse Y6 des Lagerelements 12 voneinander beabstandet sind und einen Zwischenraum bilden, in welchen das jeweilige Pleuel 5, 6 mit seinem kolbenseitigen Endabschnitt eingreift. Die kolbenseitigen Pleuellagerzapfen 14, 16 erstrecken sich zwischen den beiden Wandabschnitten 12', 12" des Lagerelements 12.

[0032] Im Bereich des Umfangs des Lagerelements 12 sind die Wandabschnitte 12', 12" über einen oberen Steg 120, einen unteren Steg 121 sowie seitliche Umfangswandabschnitte 122, 123 miteinander verbunden. Entlang des Umfangs sind zwischen dem unteren Steg 121 und den jeweiligen Umfangswandabschnitten 122, 123 Durchtrittsöffnungen 124, 125 für den jeweiligen Pleuelschaft 52, 62 des Pleuels 5, 6 ausgebildet. Die Erstreckung der Durchtrittsöffnungen 124, 125 in Umfangsrichtung des Lagerelements 12 ist derart bemessen, dass die Pleuel 5, 6 bei ihrer Schwenkbewegung um die Achsen Y5, Y6 weder durch den unteren mittleren Steg 121, noch durch die seitlichen Umfangswandabschnitte 122, 123 behindert werden.

[0033] Der Kolben 1 ist in herkömmlicher Weise mit Kolbenringen 10', 10" versehen, deren Aufbau und Funktionsweise hier nicht weiter erläutert wird, da sie dem Fachmann allgemein bekannt ist. Der Kolben 1 weist weiterhin in seinem unteren Bereich Kolbenhemdabschnitte 11, 11' auf, die in Gleitreibung mit der Bohrung des Zylinders 2 stehen können und den Kolben 1 auf diese Weise gegen eine mögliche Kippbewegung quer zur Kolben- und Zylinderachse X an der Zylinderinnenwand 21 abstützen können.

[0034] Fig. 3 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform des Kolbens und der Kolbenmaschine, bei welcher das Lagerelement 212 als ringförmige Scheibe mit einer zentralen, zur Achse Y7 konzentrischen Bohrung 213 versehen ist. Der untere Stegabschnitt 217 des Kolbens 201 ist mit einem zylindrischen Lagerzapfen 215 versehen, der sich mit seiner Achse coaxial zur Achse Y7 erstreckt und auf dessen radialem Außenumfang 215' der Innenumfang 212" des ringförmigen Scheibenkörpers 212' des Lagerelements 212 drehbar gelagert ist.

[0035] Die oberen Schwenklager 255, 265 der Pleuel 205, 206 sind wie im ersten Ausführungsbeispiel mit am Lagerelement 212 vorgesehenen Pleuellagerzapfen 214, 216 ausgebildet, die bezüglich der Kolben- und Zylinderachse X beiderseits der zentralen Bohrung 213 des

Lagerelements 212 gelegen sind und sich mit ihrer jeweiligen Achse Y5, Y6 parallel zur Achse Y7 erstrecken.

[0036] In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kolbens und der erfindungsgemäßen Kolbenmaschine gezeigt, bei welcher das Lagerelement 312 die Form von zwei im Bereich der Kolben- und Zylinderachse X aneinanderstoßenden und miteinander verbundenen Kreissegmentabschnitten 312A, 312B aufweist. Das Lagerelement 312 besitzt daher einen Korpus 312' von knochenförmiger Gestalt, an dessen lateralen Außenseiten kreiszylindersegmentartige Flächenabschnitte 312", 312"' ausgebildet sind, deren Krümmungsradius auf der Schwenkachse Y7 des Lagerelements 312 liegt.

[0037] Der unter Stegabschnitt 317 des Kolbens 301 ist, ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1, mit einer Durchbruchsöffnung 315 versehen, die sich in Richtung der Achse Y7 erstreckt. Diese Durchbruchsöffnung 315 weist zwei laterale kreiszylindersegmentartig gekrümmte Innenflächen 315', 315" auf, deren Krümmungsradius auf der Achse Y7 liegt, so dass die Krümmung dieser lateralen Flächen 315', 315" der Krümmung der kreiszylindersegmentartigen Flächenabschnitten 312", 312"' des Lagerelements 312 entspricht. Die Länge der gekrümmten Innenflächen 315', 315" in Krümmungsrichtung ist größer als die Länge der gekrümmten Flächenabschnitte 312", 312"' des Lagerelements 312 und auch die vertikalen Abmessungen (in Richtung der Achse X) der Durchbruchsöffnung 315 sind größer als die vertikalen Abmessungen des Lagerelements 312, so dass oberhalb und unterhalb des in die Durchbruchsöffnung 315 eingesetzten Lagerelements 312 ausreichend Raum ist, damit das Lagerelement 312 in der Durchbruchsaußennehmung 315 eine pendelnde Schwenkbewegung um die Achse Y7 durchführen kann.

[0038] Die oberen Schwenklager 355, 365 der Pleuel 305, 306 sind wie im ersten Ausführungsbeispiel mit auf dem Lagerelement 312 angeordneten Pleuellagerzapfen 314, 316 ausgebildet, die bezüglich der Kolben- und Zylinderlängsachse X beiderseits der Achse Y7 gelegen sind und deren Achsen Y5, Y6 sich parallel zur Achse Y7 erstrecken.

[0039] Die Funktionsweise des Kolbentriebs der Kolbenmaschine mit dem erfindungsgemäßen Kolben wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 5 erläutert. Der in Fig. 5 gezeigte Kolbentrieb entspricht in seinem Aufbau dem aus Fig. 1, so dass dieselben Bezugszeichen wie in der Fig. 1 verwendet werden.

[0040] In der Darstellung der Fig. 5 ist zu erkennen, dass der Winkel α_1 zwischen einer die beiden Pleuelwellenachsen Y1 und Y2 verbindenden Geraden G1 und einer die Pleuelwellenachse Y1 und die untere Pleuellagerachse Y3 des ersten Pleuels 5 verbindenden Geraden G2 größer ist als der entsprechende Winkel α_2 zwischen der Geraden G1 und der die Pleuelwellenachse Y2 der zweiten Pleuelwelle 4 mit der unteren Pleuellagerachse Y4 des zweiten Pleuels 6 verbindenden Geraden G3. Hierdurch ist eine Asymmetrie zwischen dem

linken Kurbeltrieb mit der Kurbelwelle 3 und dem Pleuel 5 und dem rechten Kurbeltrieb mit der Kurbelwelle 4 und dem Pleuel 6 geschaffen. Diese Asymmetrie kann beispielsweise durch Verschleiß an den Zahnflanken der miteinander kämmenden Synchronisationszahnräder 30, 40 entstehen.

[0041] Obwohl die beiden Kurbelwellen 3, 4 mit gleicher Rotationsgeschwindigkeit in entgegengesetzten Richtungen R1, R2 umlaufen und somit zeitlich synchronisiert sind, bewirkt die Asymmetrie ein Voreilen der Kurbelwelle 4 und damit auch des Pleuels 6 gegenüber der Kurbelwelle 3 mit dem Pleuel 5. Dieses Voreilen führt dazu, dass bei der Aufwärtsbewegung des kurbelwellenseitigen Pleuellagerzapfens 42 eine Verschwenkung des Lagerelements 12 um dessen Drehachse Y7 in der Drehrichtung der voreilenden Kurbelwelle 4, also im gezeigten Beispiel entgegen dem Uhrzeigersinn, erfolgt, wie durch den Pfeil R3 dargestellt ist. Bei einer Abwärtsbewegung des kurbelwellenseitigen Pleuellagerzapfens 42 der zweiten, voreilenden Kurbelwelle 4 kehrt sich die Drehrichtung des Lagerelements 12 um, so dass das Lagerelement 12 jetzt im Uhrzeigersinn entsprechend dem Pfeil R4 geschwenkt wird. Auf diese Weise führt das Lagerelement 12 eine pendelnde Schwenkbewegung in der Bohrung 15 des Kolbens 1 aus ohne dass der Kolben 1 bezüglich der Längsachse X verkippt.

[0042] Auch in den Beispielen der Fig. 3 und 4 führt das entsprechende Lagerelement 212, 312 in der gleichen Weise entsprechende pendelnde Schwenkbewegungen durch.

[0043] Sind die beiden miteinander kämmenden Synchronisationszahnräder 30, 40 exakt zueinander ausgerichtet und besteht kein Verschleiß im Bereich der miteinander kämmenden Zähne dieser Synchronisationszahnräder 30, 40, so sind die Winkel α_1 und α_2 im einfachsten Fall der vorliegenden Erfindung identisch, wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 dargestellt ist. In diesem Fall tritt so lange keine Pendelbewegung des Lagerkörpers 12 in der Bohrung 15 des Kolbens 1 auf, bis ein zwischen den Zähnen der Synchronisationszahnräder 30, 40 auftretender Verschleiß zu der bereits beschriebenen Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelwellen 3, 4 führt. Bewegt sich das Lagerelement 12 jedoch nicht relativ zum Kolben 1, also wenn keine pendelnde Schwenkbewegung stattfindet, so kann es durch Lagerpressung zu einer Verformung der Lagerflächen zwischen der Außenumfangsfläche des Lagerelements 12 und der Innenumfangsfläche der Bohrung 15 kommen, die die relative Schwenkbarkeit des Lagerelements 12 bezüglich des Kolbens 1 behindert oder gar unmöglich macht. Um eine derartige Verformung der Lagerflächen zwischen dem Lagerelement 12 und dem Kolben 1 zu verhindern, ist bereits im Neuzustand der Kolbenmaschine, also wenn zwischen den Synchronisationszahnradern 30, 40 noch kein Verschleiß aufgetreten ist, eine geringfügige Asymmetrie im Sinne einer Ungleichheit der Winkel α_1 und α_2 , wie dies in Fig. 5 gezeigt ist, vorgesehen. Dadurch führt das Lagerelement 12 ständig, also auch im Neuzustand,

eine pendelnde Schwenkbewegung in der Bohrung 15 des Kolbens 1 aus, wodurch eine Lagerpressung und die damit einhergehende Verformung verhindert wird. Tritt dann ein Verschleiß im Bereich der Zähne der miteinander kämmenden Synchronisationszahnräder 30, 40 auf, so vergrößert sich die ursprüngliche pendelnde Schwenkbewegung des Lagerelements 12. Der Kolben 1 unterliegt somit zu keinem Zeitpunkt einer vom Kurbeltrieb induzierten Kippbewegung.

[0044] Die Erfindung ist nicht auf das obige Ausführungsbeispiel beschränkt, das lediglich der allgemeinen Erläuterung des Kerngedankens der Erfindung dient. Im Rahmen des Schutzzumfangs kann die erfindungsgemäße Vorrichtung vielmehr auch andere als die oben beschriebenen Ausgestaltungsformen annehmen. Die Vorrichtung kann hierbei insbesondere Merkmale aufweisen, die eine Kombination aus den jeweiligen Einzelmerkmalen der Ansprüche darstellen.

[0045] Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

Bezugszeichenliste

[0046]

1	Kolben
2	Zylinder
30	3 Kurbelwelle
4	Kurbelwelle
5	Pleuel
6	Pleuel
10	Kolbenkörper
35	10' Kolbenring
10"	Kolbenring
11	Kolbenhemdabschnitt
11'	Kolbenhemdabschnitt
12	Lagerelement
40	12' stirnseitige Wandabschnitt
12"	stirnseitige Wandabschnitt
13	kreisförmige Außenkontur
14	kolbenseitiger Pleuellagerzapfen
15	Bohrung
45	16 kolbenseitiger Pleuellagerzapfen
17	unterer Stegabschnitt
18	Kolbenboden
20	Zylinderkopf
21	Zylinderinnenwand
50	22 Kompressionsraum
30	Synchronisationszahnrad
32	Lagerzapfen
40	Synchronisationszahnrad
42	Lagerzapfen
55	50 unteres Pleuelauge
52	Pleuelschaft
54	oberes Pleuelauge
55	Schwenklager

60	unteres Pleuelauge		- einer ersten Kurbelwelle (3);
62	Pleuelschaft		- einer zweiten Kurbelwelle (4);
64	oberes Pleuelauge		- wobei die erste Kurbelwelle (3) und die zweite Kurbelwelle (4) zueinander parallel verlaufen und sich gegensinnig synchron drehen;
65	Schwenklager		- wobei die Drehachsen (Y1, Y2) der beiden Kurbelwellen (3, 4) zu einer gemeinsamen Zylinder-Mittelebene (E2) parallel verlaufen und bezüglich dieser seitlich versetzt sind;
120	oberer Steg	5	- wobei dem Hubkolben (1; 201; 301) ein erstes und ein zweites Pleuel (5, 6) derart zugeordnet sind,
121	unterer Steg		
122	seitlicher Umfangswandabschnitt		
123	seitlicher Umfangswandabschnitt		
124	Durchtrittsöffnung		
125	Durchtrittsöffnung	10	
201	Kolben		
205	Pleuel		
206	Pleuel		
212	Lagerelement		· daß das erste Pleuel (5) mit seinem ersten Ende in einem ersten Schwenklager (55; 255; 355) um eine erste Pleuelschwenkachse (Y5) schwenkbar am Hubkolben (1; 201; 301) und mit seinem zweiten Ende an einem Kurbelzapfen (32) der ersten Kurbelwelle (3) drehbar gelagert ist und
212'	ringförmiger Scheibenkörper	15	· daß das zweite Pleuel (6) mit seinem ersten Ende in einem zweiten Schwenklager (65; 265; 365) um eine zweite Pleuelschwenkachse (Y6) schwenkbar am Hubkolben (1; 201; 301) und mit seinem zweiten Ende an einem Kurbelzapfen (42) der zweiten Kurbelwelle (4) drehbar gelagert ist,
212"	Innenumfang		
213	konzentrische Bohrung		
214	kolbenseitiger Pleuellagerzapfen		
215	zylindrischer Lagerzapfen		
215'	kreisförmiger Außenumfang	20	
216	kolbenseitiger Pleuellagerzapfen		
217	unterer Stegabschnitt		
255	oberes Schwenklager		
265	oberes Schwenklager		
305	Pleuel	25	
306	Pleuel		
312	Lagerelement		
312'	Korpus		
312"	kreiszyklindrischer Flächenabschnitt		
312'''	kreiszyklindrischer Flächenabschnitt	30	- wobei die Schwenklager (55, 65; 255, 265; 355, 365) an einem Lagerelement (12; 212; 312) vorgesehen sind, welches am Kolben (1; 201; 301) um eine Lagerschwenkachse (Y7) schwenkbar gelagert ist, die parallel zu den Pleuelschwenkachsen (Y5, Y6) verläuft
312A	Kreissegmentabschnitt		
312B	Kreissegmentabschnitt		
314	Pleuellagerzapfen		
315'	laterale Fläche		
315"	laterale Fläche	35	
316	Pleuellagerzapfen		
355	oberes Schwenklager		
365	oberes Schwenklager		
E1	Schwenkebene		
E2	Zylinder-Mittelebene	40	
G	Gerade		
X	Kolben- und Zylinderachse		
Y1	Drehachse		
Y2	Drehachse		
Y3	untere Pleuelaugenachse	45	
Y4	untere Pleuelaugenachse		
Y5	obere Pleuelaugenachse		
Y6	obere Pleuelaugenachse		
Y7	Schwenkachse	50	

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** die Anordnung aus den beiden gegensinnig synchron umlaufenden Kurbelwellen (3, 4) so gestaltet ist, dass die Kurbelzapfen (32, 42) bereits im Neuzustand, wenn noch kein Verschleiß aufgetreten ist, geringfügig asymmetrisch gegensinnig umlaufen.

2. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelzapfen (32, 42) maximal 5° beträgt, vorzugsweise zwischen 1° und 3° beträgt, weiter vorzugsweise 2° beträgt.

3. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Asymmetrie des Umlaufs der Kurbelzapfen (32, 42) durch einen Winkelversatz von 1 bis 6 Zähnen zwischen miteinander im Eingriff stehenden Synchronisationszahnradern (30, 40) der ersten be-

Patentansprüche

1. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine mit zumindest einer Kolben-Zylinder-Einheit, mit

- einem Zylinder (2), in dem ein Hubkolben (1; 201; 301) hin- und herbewegbar angeordnet ist;

ziehungsweise der zweiten Kurbelwelle bewirkt ist.

4. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Lagerschwenkachse (Y7), in einer die Lagerschwenkachse (Y7) rechtwinklig schneidenden Schwenkebene (E1) gemessen, von den Pleuelschwenkachsen (Y5, Y6) jeweils gleich beabstandet ist.

5. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Lagerschwenkachse (Y7) auf der Mitte einer die Pleuelschwenkachsen (Y5, Y6) in der Schwenkebene (E1) miteinander verbindenden Geraden (G) liegt.

6. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** das Lagerelement (12; 212; 312) eine kreisförmige Kontur (13; 213) oder zwei, vorzugsweise symmetrisch zueinander gelegene, kreissegmentförmige Konturen (312", 312'") aufweist, deren Kreismittelpunkt auf der Lagerschwenkachse (Y7) liegt,

- **dass** der Kolben (1; 201; 301) mit einer angepassten kreisförmigen Kontur (15; 215') beziehungsweise mit angepassten kreissegmentförmigen Konturen (315', 315'') versehen ist, deren Kreismittelpunkt ebenfalls auf der Lagerschwenkachse (Y7) liegt, und

- **dass** die kreisförmigen beziehungsweise kreissegmentförmigen Konturen (13; 213; 312", 312'") des Lagerelements (12; 212; 312) und die kreisförmigen beziehungsweise kreissegmentförmigen Konturen (15; 215'; 315', 315'') des Kolbens (1; 201; 301) in gegenseitiger Berührung, aber relativ zueinander um die gemeinsame Lagerschwenkachse (Y7) bewegbar angeordnet sind.

7. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Lagerelement (12; 312) als Scheibe oder als Ring ausgebildet ist und dass die kreisförmige Kontur (13) beziehungsweise die kreissegmentförmigen Konturen (312", 312'") an einem Außenumfangsrand des Lagerelements (12; 312) ausgebildet ist beziehungsweise sind.

8. Doppelkurbelwellen-Kolbenmaschine nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Lagerelement (212) als Ring ausgebildet ist und dass die kreisförmige Kontur (213) beziehungsweise die kreissegmentförmigen Konturen an einem Innenumfangsrand des Lagerelements (212) ausgebildet ist beziehungsweise sind.

Claims

1. A twin crankshaft piston engine with at least one piston cylinder unit, comprising:

- a cylinder (2) in which a reciprocating piston (1; 201; 301) is disposed, so that it can move back and forth;
- a first crankshaft (3);
- a second crankshaft (4);
- wherein the first crankshaft (3) and the second crankshaft (4) extend parallel to one another and rotate synchronously in opposite directions;
- wherein the rotation axes (Y1, Y2) of the two crankshafts (3, 4) extend parallel to a common cylinder center plane (E2) and are laterally offset with respect to the cylinder center plane;
- wherein a first and a second connecting rod (5, 6) is associated with the reciprocating piston (1; 201; 301) in such a manner

that the first connecting rod (5) is pivotably supported with its first end at the reciprocating piston (1; 201; 301) in a first pivot bearing (55; 255; 355) about a first connecting rod pivot axis (Y5) and rotatably supported with its second end at a crank pin (32) of the first crankshaft (3) and

that the second connecting rod (6) is pivotably supported with its first end at the reciprocating piston (1; 201; 301) in a second pivot bearing (65; 265; 365) about a second connecting rod pivot axis (Y6) and rotatably supported with its second end at a crank pin (42) of the second crankshaft (4),

- wherein the pivot bearings (55, 65; 255, 265; 355, 365) are provided at a bearing element (12; 212; 312) which is pivotably supported at the piston (1; 201; 301) about a bearing element pivot axis (Y7) which extends parallel to the connecting rod pivot axes (Y5, Y6)

characterized

- **in that** the assembly including the two crankshafts (3, 4) rotating synchronously in opposite directions is configured in such a manner that the crank pins (32, 42) rotate in opposite directions, but with a slight asymmetry, already in a new condition when no wear and tear occurred.

2. The twin crankshaft piston engine according to claim 1,
characterized
in that the asymmetry of the rotation of the crank pins (32, 42) is 5° at the most, preferably between 1° and 3°, further preferably 2°.
3. The twin crankshaft piston engine according to claim 1,
characterized
in that the asymmetry of the rotation of the crank pins (32, 42) is based on an offset of 1 to 6 teeth between meshing synchronization gears (30, 40) respectively disposed on the first crankshaft and on the second crankshaft.
4. The twin crankshaft piston engine according to claim 1, 2 or 3,
characterized
in that the bearing pivot axis (Y7) is respectively offset equidistant from the connecting rod pivot axes (Y5, Y6) in a pivot plane (E1) orthogonal to the bearing element pivot axis.
5. The twin crankshaft piston engine according to claim 4,
characterized
in that the bearing element pivot axis (Y7) is disposed in the center of a straight line (G) connecting the connecting rod pivot axes (Y5, Y6) in the pivot plane (E1) with one another.
6. The twin crankshaft piston engine according to claim 1,
characterized
- **in that** the bearing element (12; 212; 312) includes a circular contour (13; 213) or two contours (312", 312'") in form of a segment of a circle, preferably disposed symmetrically to each other, whose circle center is disposed on the bearing element pivot axis (Y7).]
 - **in that** the piston (1; 201; 301) includes an adapted circular contour (15; 215') or adapted contours (315', 315'") in form of a segment of a circle, respectively, whose circle center is also disposed on the bearing element pivot axis (Y7), and
 - **in that** the circular contour or the contours in form of a segment of a circle, respectively, (13; 213; 312", 312'") of the bearing element (12; 212; 312) and the circular contour or the contours in form of a segment of a circle, respectively, (15; 215'; 315', 315'") of the piston (1; 201; 301) contact one another but are disposed moveable relative to one another about the bearing element pivot axis (Y7).
7. The twin crankshaft piston engine according to claim 6,
characterized
in that the bearing element (12; 312) is configured as a disc or a ring and the circular contour (13) is or the contours (312", 312'") in form of a segment of a circle, respectively, are configured at an outer circumferential edge of the bearing element (12; 312).
8. The twin crankshaft piston engine according to claim 6,
characterized
in that the bearing element (212) is configured as a ring and the circular contour (213) is or the contours in form of a segment of a circle, respectively, are configured at an inner circumferential edge of the bearing element (212).
- Revendications**
1. Machine à piston à double vilebrequin, comportant au moins une unité à piston-et-cylindre, présentant
- un cylindre (2) dans lequel est agencé un piston (1 ; 201 ; 301) mobile en va-et-vient ;
 - un premier vilebrequin (3) ;
 - un second vilebrequin (4) ;
- dans laquelle
- le premier vilebrequin (3) et le second vilebrequin (4) s'étendent parallèlement l'un à l'autre et tournent de façon synchrone en sens opposés ;
 - les axes de rotation (Y1, Y2) des deux vilebrequins (3, 4) s'étendent parallèlement à un plan de cylindre médian commun (E2) et sont décalés latéralement par rapport à celui-ci ;
 - une première et une seconde bielles (5, 6) sont associées au piston (1 ; 201 ; 301) de telle sorte que
 - la première bielle (5) est montée en pivotement par sa première extrémité dans un premier palier de pivotement (55 ; 255 ; 355) autour d'un premier axe de pivotement de bielle (Y5) sur le piston (1 ; 201 ; 301) et est montée en rotation par sa seconde extrémité sur un maneton (32) du premier vilebrequin (3), et
 - la seconde bielle (6) est montée en pivotement par sa première extrémité dans un second palier de pivotement (65 ; 265 ; 365) autour d'un second axe de pivotement de bielle (Y6) sur le piston (1 ; 201 ; 301) et est montée en rotation par sa seconde extrémité sur un maneton (42) du second vile-

- brequin (4), et
- les paliers de pivotement (55, 65 ; 255, 265 ; 355, 365) sont prévus sur un élément de palier (12 ; 212 ; 312) qui est monté en pivotement autour d'un axe de pivotement de palier (Y7) sur le piston (1 ; 201 ; 301), ledit axe s'étendant parallèlement aux axes de pivotement de bielle (Y5, Y6),
- caractérisée en ce que**
- l'agencement des deux vilebrequins (3, 4) tournant de façon synchrone en sens opposés est réalisé de telle sorte que les manetons (32, 42) tournent légèrement de façon asymétrique en sens opposés déjà à l'état neuf lorsqu'il n'y a pas encore d'usure.
2. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 1,
- caractérisée en ce que**
- l'asymétrie de la révolution des manetons (32, 42) est au maximum de 5°, de préférence comprise entre 1° et 3°, de préférence particulière de 2°.
3. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 1,
- caractérisée en ce que**
- l'asymétrie de la révolution des manetons (32, 42) est provoquée par un décalage angulaire de 1 à 6 dents entre des roues dentées de synchronisation (30, 40) en engrènement mutuel du premier ou du second vilebrequin.
4. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 1, 2 ou 3,
- caractérisée en ce que**
- l'axe de pivotement de palier (Y7), mesuré dans un plan de pivotement (E1) qui recoupe à angle droit l'axe de pivotement de palier (Y7), est équidistant des axes de pivotement de bielle (Y5, Y6).
5. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 4,
- caractérisée en ce que**
- l'axe de pivotement de palier (Y7) se trouve au centre d'une droite (G) qui relie les axes de pivotement de bielle (Y5, Y6) l'un à l'autre dans le plan de pivotement (E1).
6. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 1, **caractérisée en ce que**
- l'élément de palier (12 ; 212 ; 312) présente un contour circulaire (13 ; 213) ou deux contours (312", 312'") en forme de segment de cercle situés de préférence symétriquement l'un par rap-

port à l'autre, dont le centre de cercle se trouve sur l'axe de pivotement de palier (Y7),

- le piston (1 ; 201 ; 301) est pourvu d'un contour circulaire adapté (15 ; 215') ou de contours de forme de segments de cercle adaptés (315' ; 315''), dont le centre de cercle se trouve également sur l'axe de pivotement de palier (Y7), et
- les contours circulaires ou en forme de segment de cercle (13 ; 213 ; 312", 312'") de l'élément de palier (12 ; 212 ; 312) et les contours circulaires ou en forme de segment de cercle (15 ; 215' ; 315', 315'') du piston (1 ; 201 ; 301) sont agencés en contact physique mutuel, mais de façon mobile l'un par rapport à l'autre autour de l'axe de pivotement de palier (Y7) commun.

7. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 6,
- caractérisée en ce que**
- l'élément de palier (12 ; 312) est réalisé sous forme de disque ou d'anneau et le contour circulaire (13) ou les contours en forme de segment de cercle (312", 312'") est ou sont réalisé(s) sur un bord périphérique extérieur de l'élément de palier (12 ; 312).
8. Machine à piston à double vilebrequin selon la revendication 6,
- caractérisée en ce que**
- l'élément de palier (212) est réalisé en forme d'anneau et **en ce que** le contour circulaire (213) ou les contours en forme de segment de cercle est ou sont réalisé(s) sur un bord périphérique intérieur de l'élément de palier (212).

Fig. 1

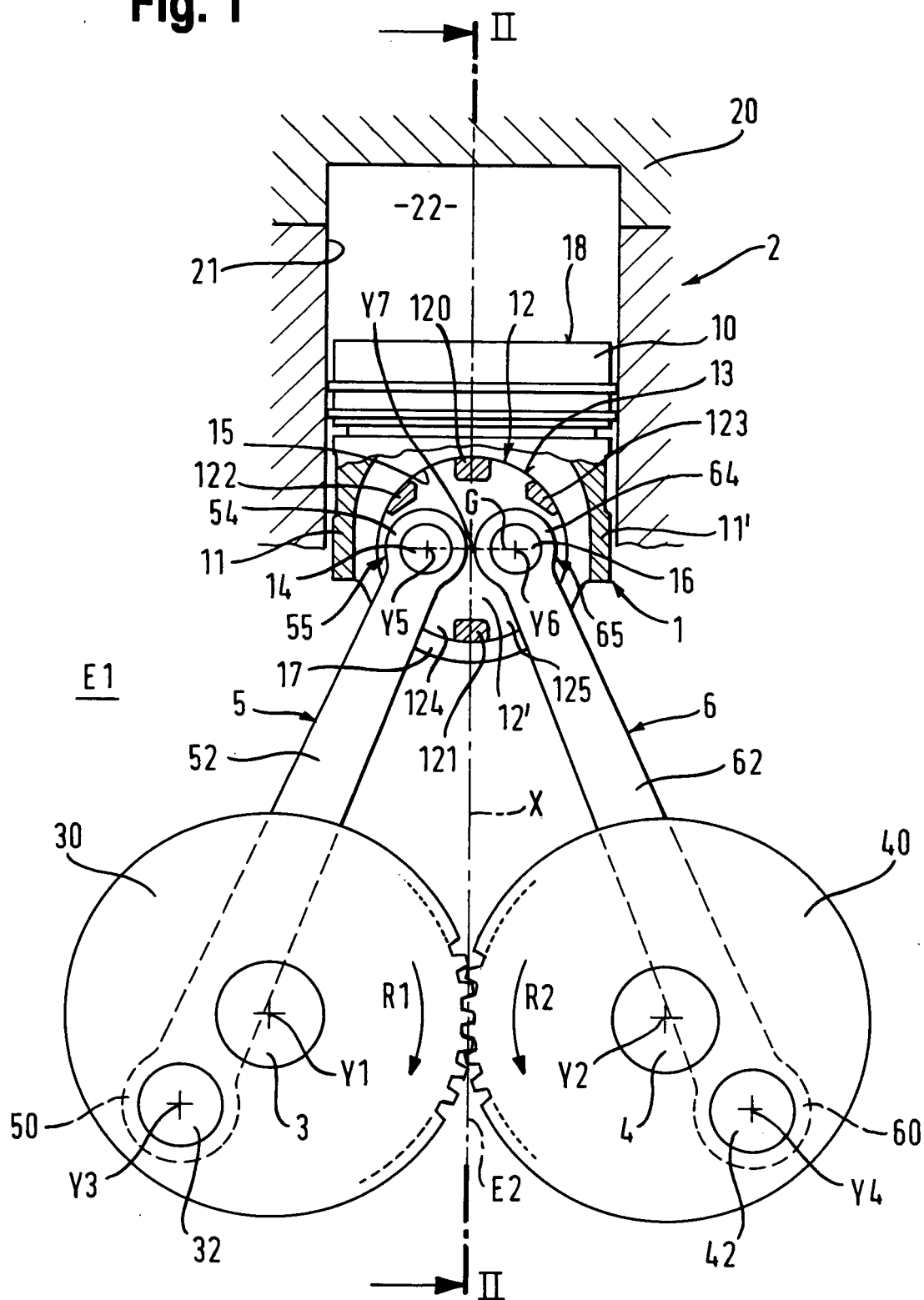


Fig. 2

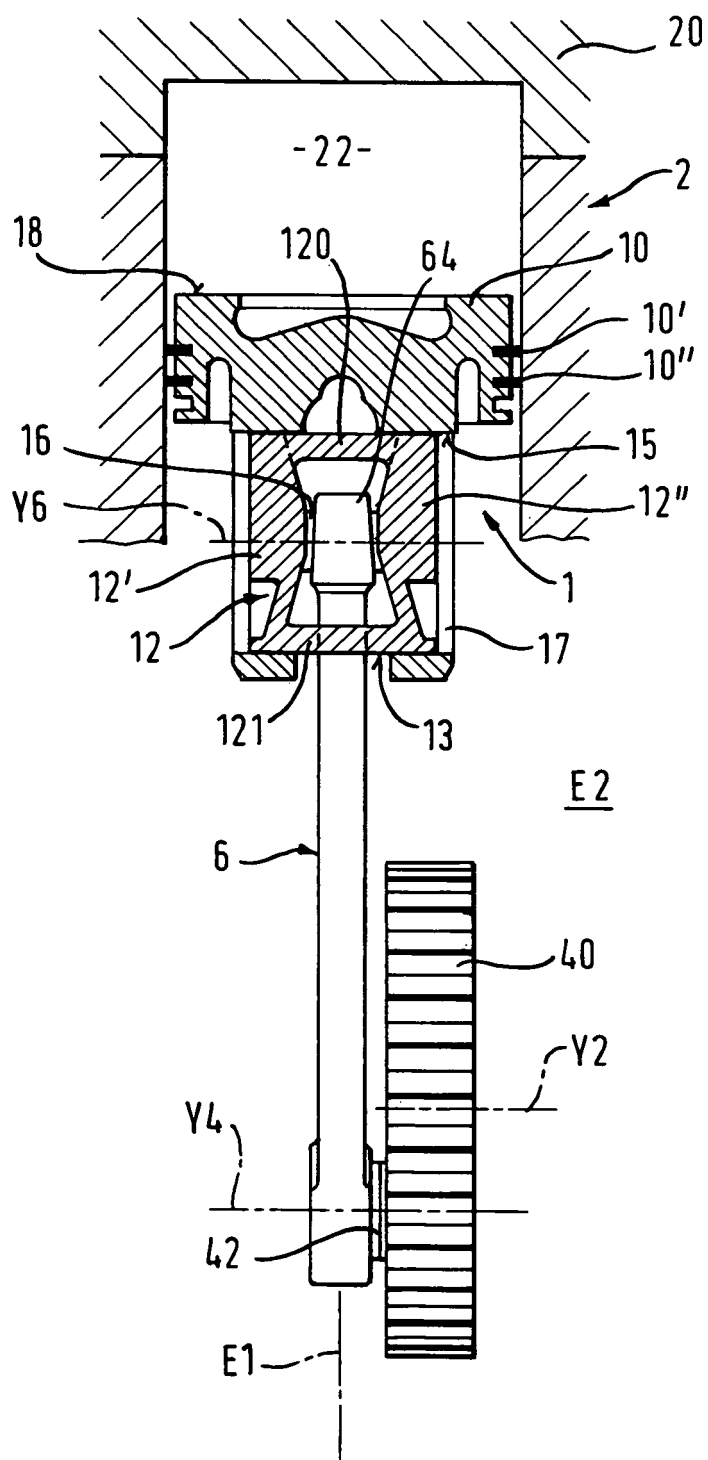


Fig. 3

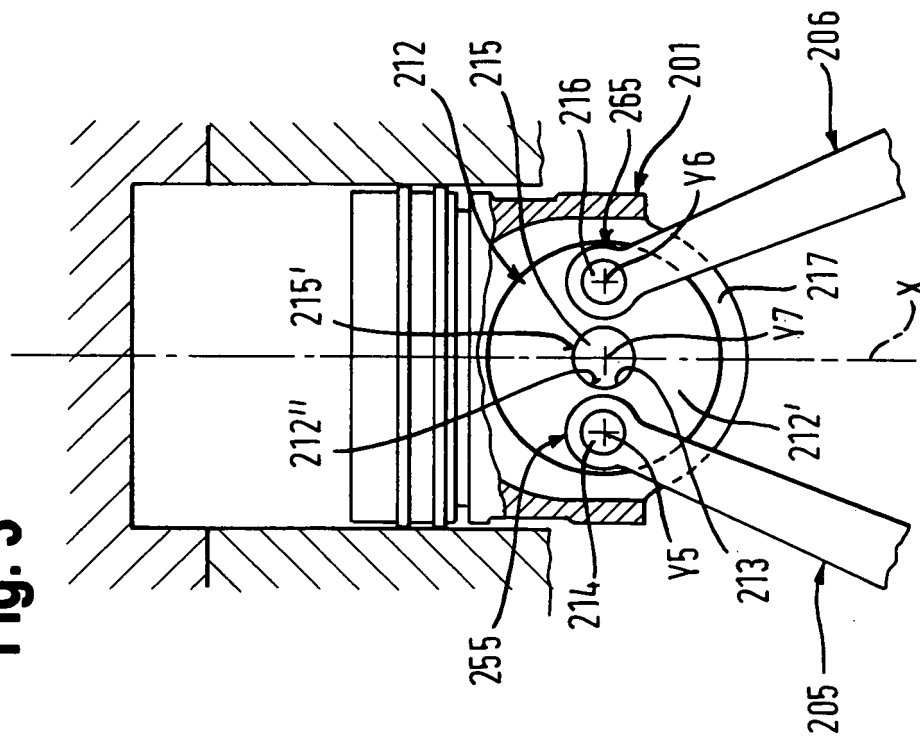


Fig. 4

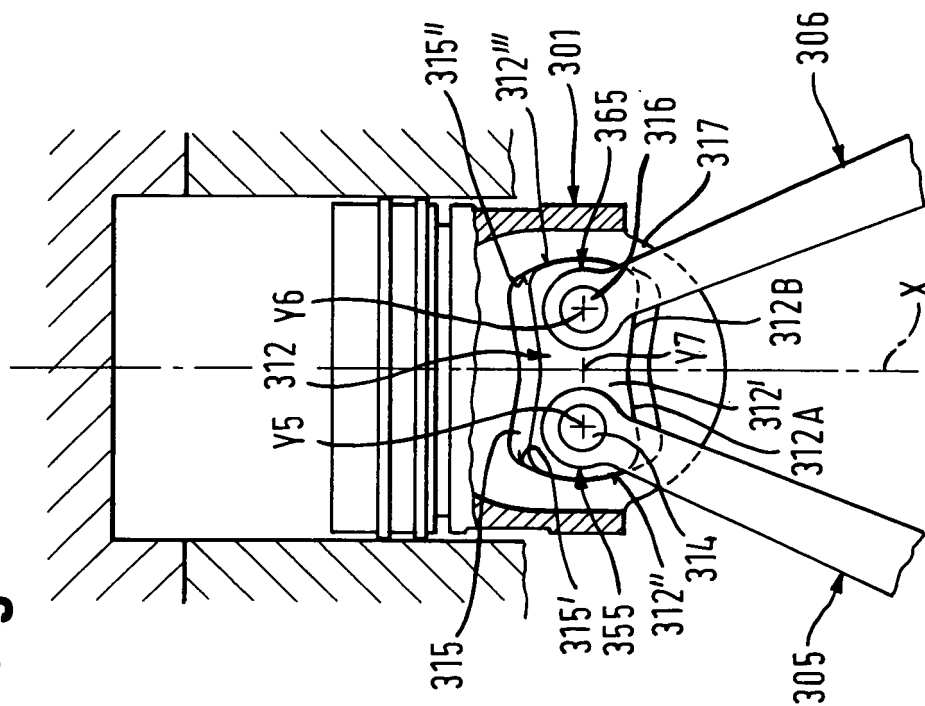
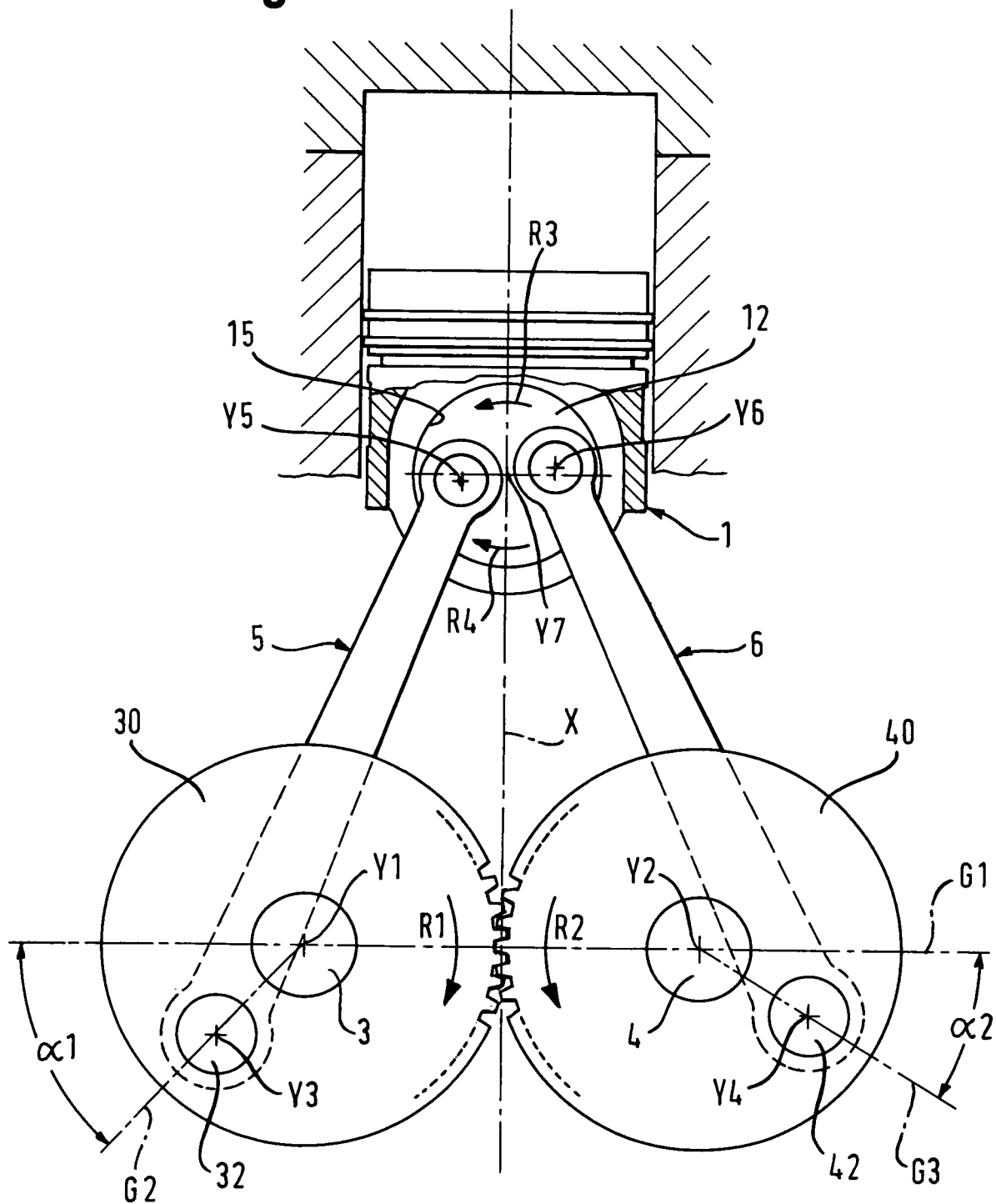


Fig. 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20100077984 A1 **[0003]**
- DE 102006060660 A1 **[0004]**
- DE 102006036827 A1 **[0005]**
- US 5732673 A **[0006]**
- US 5769610 A **[0007]**
- US 5674053 A **[0007]**
- DE 102004016203 A1 **[0008]**
- JP 10220547 A **[0009]**
- JP 61149745 U **[0010]**
- BE 423799 A **[0011]**