

(12)

Patentschrift

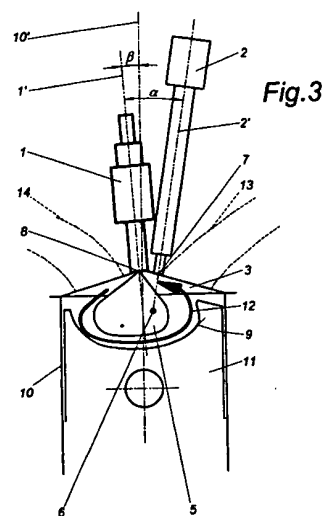
- (21) Anmeldenummer: A 1646/2004 (51) Int. Cl.⁸: F02B 23/10 (2006.01)
F02P 23/04 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2004-10-04
(43) Veröffentlicht am: 2006-12-15

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19546945A1 DE 10139418A1
DE 3910951 US 4726336A
US 5850816A EP 0853188A1
"LASERINDUZIerte ZÜNDUNG AN
EINEM OTTO-DI-BRENNVERFAHREN
DER ZWEITEN GENERATION" (SIEHE
VDI-FORTSCHRITTSBERICHTE REIHE
12, NR. 539; GERINGER B. ET AL.)

(73) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
A-8020 GRAZ (AT)
(72) Erfinder:
PIOCK WALTER DR.
HITZENDORF (AT)

(54) OTTO-BRENNKRAFTMASCHINE MIT DIREKTEINSPRITZUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Otto-Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, welche nach einem strahlgeführten Brennverfahren arbeitet, mit zumindest einem Ein- und einem Auslasskanal, einer Einspritzeinrichtung (1) und einer Laserzündeinrichtung (2) pro Zylinder (10), wobei der Laserstrahl der Laserzündeinrichtung (2) ein Eintrittsfenster (7) im Bereich der Einspritzeinrichtung (1) durchtritt und in einem Zündort (6) innerhalb des Strahlkegels (4, 4') des Einspritzstrahles (5) fokussiert ist. Um die Toleranzempfindlichkeit und die Ablagerungsrate am Eintrittsfenster (7) zu verringern ist die Achse (1') der Einspritzeinrichtung (1) annähernd parallel zur Zylinderachse (10') ausgerichtet und schließt einen Winkel β von 0° bis 5° mit der Zylinderachse (10') ein, wobei der zumindest eine Einlasskanal (13) im Hinblick auf dessen Verlauf, dessen Form und dessen Anordnung zur Einspritzeinrichtung (1) derart ausgeführt ist, dass sich eine Tumble- und/oder Drallströmung (12, 15) etabliert, die kraftstoffarmes oder kraftstoffreies Zylindergas an das Eintrittsfenster (7) der Laserzündeinrichtung (2) heranführt.



Die Erfindung betrifft eine Otto-Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, welche nach einem strahlgeführten Brennverfahren arbeitet, mit zumindest einem Ein- und einem Auslasskanal, einer Einspritzeinrichtung und einer Laserzündeinrichtung pro Zylinder, wobei der Laserstrahl der Laserzündeinrichtung ein Eintrittsfenster im Bereich der Einspritzeinrichtung durchtritt und in einem Zündort innerhalb des Strahlkegels des Einspritzstrahles fokussiert ist.

Bei strahlgeführten Brennverfahren wird im Gegensatz zu wandgeführten Brennverfahren eine weitgehende Zerstäubung und Verdampfung des Einspritzstrahles im Bereich der Zündeinrichtung angestrebt, bevor dieser auf die Brennraumwand oder den Kolbenboden auftrifft. Strahlgeführte Brennverfahren haben gegenüber wandgeführten Brennverfahren den Vorteil, dass sich eine extreme Schichtungsfähigkeit realisieren lässt, was sich unmittelbar günstig auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt. Nachteilig ist, dass es oftmals zu einer Benetzung der Zündeinrichtung kommt. Dies kann sich ungünstig auf die Verbrennungsstabilität auswirken. Das Brennverfahren weist darüber hinaus eine hohe Empfindlichkeit gegenüber der Qualität und Form des Einspritzstrahles auf. Befindet sich die Funkenstrecke außerhalb des Gemischgebietes, so führt die fehlende Gemischentzündung zu Motorfehlfunktionen. Eine volle Benetzung der Elektroden und des Isolators hingegen führt zu Erosionen und Ablagerungen an der Zündeinrichtung und in der Folge zu Zündaussetzern. Nur wenn die Funkenstrecke innerhalb des Gemischgebietes liegt, aber keine volle Benetzung der Elektroden und des Isolators stattfindet, kann eine optimale Motorfunktion erreicht werden. In Folge hoher Toleranzempfindlichkeit ist die Reproduzierbarkeit der Bedingungen für eine optimale Motorfunktion problematisch.

In der US 4,726,336 wird ein Verfahren und eine Vorrichtung beschrieben, bei welchem bzw. bei welcher der eingespritzte Kraftstoff mit Hilfe von UV-Strahlung energetisch vorbehandelt wird, um eine in diesem Zusammenhang als "hypergolic combustion" genannte Verbrennung zu ermöglichen. Dazu wird in einer Brennkammer, welche sich im Zylinderkopf oder im Kolben befinden kann, UV-Strahlung eingebracht, um einen gewissen Anteil der Kraftstoffmoleküle, sowie der Sauerstoffmoleküle in Radikale überzuführen, um so die Zündverzögerung zu reduzieren. Die UV-Strahlung wird dazu nicht fokussiert, sondern mit Hilfe einer Spiegelfläche am Kolben in einen großen Bereich der Brennkammer gestreut. Neben der Verwendung einer Quecksilberdampf Lampe kann die UV-Strahlung auch mit Hilfe eines UV-Lasers erzeugt werden. Die Achse der Einspritzeinrichtung weist zur Zylinderachse einen Winkel im Bereich von ca. 30° bis 45° auf.

Aus der US 5,850,816 A ist ein Verfahren zur Regelung der Ladungsschichtung einer Brennkraftmaschine mit herkömmlicher Zündeinrichtung bekannt, deren Längsachse im Wesentlichen mit der Zylinderachse zusammenfällt. Der Verlauf des Einlasskanals in den Zylinder ist derart geführt, dass sich eine Tumble- und/oder Drallströmung etablieren kann, welche kraftstoffreiches Zylinder gas an die Zündeinrichtung heranführt.

Bei bekannten strahlgeführten Brennverfahren ist üblicherweise die Einspritzeinrichtung zentral im Bereich der Zylinderachse angeordnet, wie beispielsweise in der DE 195 46 945 A1 geoffenbart. Die Zündkerze dagegen wird - je nach konstruktiven Gegebenheiten - seitlich versetzt dazu in der Brennraumdecke positioniert. Aus der DE 101 39 418 A1 ist eine Otto-Brennkraftmaschine mit strahlgeführtem Brennverfahren bekannt, bei welcher die Zündeinrichtung zentral im Bereich der Zylinderachse und die Einspritzeinrichtung seitlich versetzt in unmittelbarer Nähe des Zündortes angeordnet ist.

Unabhängig davon ob die Zündeinrichtung oder die Einspritzeinrichtung zentral im Bereich der Zylinderachse angeordnet ist, kommt es durch den relativen Platzbedarf beider Einrichtungen und die von der Zündeinrichtung in den Brennraum ragenden Teile zu Asymmetrien im Brennraum, welche die Ladungsschichtung und daher auch die Verbrennung vor allem hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Schadstoffbildung nachteilig beeinflussen.

In diesem Zusammenhang wurde am 24 Internationalen Wiener Motorensymposium vom 15.

bis 16. Mai 2003 unter dem Titel "Laserinduzierte Zündung an einem Otto-DI-Brennverfahren der zweiten Generation" (siehe VDI-Fortschrittsberichte Reihe 12, Nr. 539; Geringer B. et al.) eine Laserzündeinrichtung bei einer Otto-Brennkraftmaschine beschrieben, deren Laserstrahl ein Eintrittsfenster im Bereich der Einspritzeinrichtung durchtritt und in einem Zündort innerhalb des Strahlkegels des Einspritzstrahles fokussiert ist. Die Achse der Einspritzeinrichtung weist zur Zylinderachse einen Winkel von ca. 20° auf. Die Technologiekombination strahlgeführtes Brennverfahren und laserinduzierte Zündung ermöglicht eine freie Wahl des Zündorts, eine direkte Zündung im Kraftstoffstrahl, und somit eine sichere und verschleißfreie Verbrennungseinleitung. Im Artikel wird auf die Problematik der Verschmutzung der Eintrittsoptik durch Ablagerungen im motorischen Verbrennungsprozess hingewiesen und jene Schwellenergie des Laserstrahls berechnet, die für ein Abtragen der Ablagerungen erforderlich ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ausgehend von den eingangs beschriebenen bekannten Vorrichtungen eine Otto-Brennkraftmaschine mit direkter Einspritzung in den Brennraum vorzuschlagen, welche nach einem strahlgeführten Brennverfahren arbeitet und eine Laserzündeinrichtung aufweist, wobei die durch die Einspritzeinrichtung und die Zündeinrichtung bedingten Asymmetrien im Brennraum weiter verringert werden sollen und die Entstehung von Ablagerungen am Eintrittsfenster der Laserzündung verzögert werden soll.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Achse der Einspritzeinrichtung annähernd parallel zur Zylinderachse ausgerichtet ist und einen Winkel β von 0° bis 5° mit der Zylinderachse einschließt, sowie dass der zumindest eine Einlasskanal, im Hinblick auf dessen Verlauf, dessen Form und dessen Anordnung zur Einspritzeinrichtung derart ausgeführt ist, dass sich eine Tumble- und/oder Drallströmung etabliert, die kraftstoffarmes oder kraftstofffreies Zylindergas an das Eintrittsfenster der Laserzündeinrichtung heranführt. Dadurch wird insbesondere im Schichtbetrieb fettes Gemisch vom Eintrittsfenster ferngehalten, das Fenster gekühlt und die freie Weglänge der Ladung für Abdampf- und Abtransportprozesse verlängert.

Erfindungsgemäß können diese Effekte dadurch verstärkt werden, dass die Kolbenoberfläche im Zusammenspiel mit der Geometrie des Zylinderkopfes im oberen Totpunkt eine Quetschströmung erzeugt, die kraftstoffarmes oder kraftstofffreies Zylindergas am Eintrittsfenster der Laserzündeinrichtung vorbeiführt.

Weiters ist vorgesehen, dass die Strahlachse der Laserzündeinrichtung mit der Achse der Einspritzeinrichtung einen spitzen Winkel α von 7° bis 22°, vorzugsweise von 9° bis 20°, einschließt.

Die Laserzündeinrichtung kann in vorteilhafter Weise unter einem sehr spitzen Winkel zur Einspritzeinrichtung angeordnet sein, da durch die Tatsache der sicheren Entzündung im Bereich des Strahlrandes eine sehr geringe Toleranzempfindlichkeit besteht. Weiters kann Kolbenmulde zentral, annähernd kreisförmig ausgeführt werden und optimal den Bedürfnissen der Schichtung angepasst werden.

Der Zündort kann in Bereiche hoher Strömungsgeschwindigkeiten gelegt werden, da ein "Ausblasen des Zündfunkens" aufgrund der sehr kurzen Plasmastandzeit nicht möglich ist.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann die Kolbenoberfläche eine die Tumble- und/oder Drallströmung unterstützende Form aufweisen.

Für einen ablagerungsfreien bzw. -armen Betrieb wird eine parallel gerichtete Ladungsbewegung an das Eintrittsfenster geführt. Im Schichtbetrieb kann der Zündort bevorzugt stromaufwärts der Einspritzung liegen, damit Abdampf- und Abtransportprozesse von fettem Gemisch begünstigt werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen in schematischer Darstellung: Fig. 1 eine erfindungsgemäße Otto-Brennkraftmaschine für flüssigen und gasförmigen Kraftstoff in einer Schnittdarstellung, Fig. 2 eine Variante gemäß Fig. 1 mit einem Mehrlochinjektor sowie die Fig. 3 bis Fig. 5 weitere Ausführungsvarianten der Brennkraftmaschine nach Fig. 1.

Gemäß Fig. 1 sind pro Zylinder 10 die Einspritzeinrichtung 1 und die Laserzündeinrichtung 2 in einem nicht weiter dargestellten Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine angeordnet und münden in einen Brennraum 3 ein. Mit 4 ist der Strahlkegel des Einspritzstrahles 5 der Einspritzeinrichtung 1 bezeichnet. Der Zündort 6, der Fokus des Laserstrahls, ist innerhalb des Strahlkegels 4, d.h. innerhalb der geometrischen Einhüllenden, des Einspritzstrahles 5 angeordnet. Die Einlasskanäle 13 und Auslasskanäle 14 sind im dargestellten Beispiel strichliert eingezeichnet.

Als Zündeinrichtung ist eine Laserzündeinrichtung 2 vorgesehen, deren Laserstrahl ein Eintrittsfenster 7 im Bereich der Mündung 8 der Einspritzeinrichtung 1 durchtritt und in einem Zündort 6 innerhalb des Strahlkegels 4 des Einspritzstrahles 5 fokussiert ist. Die Strahlachse 2' der Laserzündeinrichtung 2 kann mit der Achse 1' der Einspritzeinrichtung 1 einen sehr spitzen Winkel α von 7° bis 22° , vorzugsweise von 9° bis 20° einschließen, sodass eine kompakte, im Bereich der Zylinderachse 10' konzentrierte Baugruppe aus Einspritzeinrichtung und Zündeinrichtung realisiert werden kann. Dabei ist die Achse 1' der Einspritzeinrichtung 1 annähernd parallel zur Zylinderachse 10' ausgerichtet ist und schließt mit der Zylinderachse einen Winkel β von 0° bis 5° ein.

Der zumindest eine Einlasskanal 13 ist im Hinblick auf dessen Verlauf, dessen Form und dessen Anordnung zur Einspritzeinrichtung 1 derart ausgeführt, dass sich eine Tumble- und/oder Drallströmung etabliert (siehe Fig. 3 bis 5), die kraftstoffarmes oder kraftstofffreies Zylindergas an das Eintrittsfenster 7 der Laserzündeinrichtung 2 heranführt.

Die Einspritzeinrichtung 1 ist annähernd zentral zum Zylinder 10 angeordnet, sodass deren Mündung 8 lediglich eine Exzentrizität E zur Zylinderachse 10' von 0 bis 0,05mal den Kolbendurchmesser D aufweist.

Beste Zündergebnisse ergeben sich dann, wenn der Zündort 6 1 bis 4 mm innerhalb des Strahlkegels 4 des Einspritzstrahles 5 positioniert ist (siehe Abstand Z) und der Eintrittsort des Laserstrahles am Strahlkegel 4 10 bis 16 mm stromabwärts der Mündung 8 der Einspritzeinrichtung 1 angeordnet ist (siehe Abstand X).

Wie in Fig. 2 dargestellt, kann als Einspritzeinrichtung 2 ein Mehrlochinjektor vorgesehen sein, wobei der Zündort 6 innerhalb eines die Einzelstrahlen 5' des Injektors einhüllenden Strahlkegels 4' angeordnet ist. Die Fokallänge L beträgt beispielsweise 6 bis 14 mm.

Wie anhand der Fig. 3 bis 5 dargestellt, sind unterschiedliche relative Anordnungen der Laserzündeinrichtung 2 in Bezug auf die Einspritzeinrichtung 1 denkbar. Die Kolbenoberfläche 9 des Kolbens kann dabei derart ausgestaltet sein, dass die Tumble- und/oder eine Drallströmung unterstützt wird, die kraftstoffarmes bzw. kraftstofffreies Zylindergas an das Eintrittsfenster 7 der Laserzündeinrichtung 2 heranführt.

Fig. 3 zeigt in einer Queranordnung (die Achse 2' der Laserzündeinrichtung 2 liegt in einer Querebene zur Motorlängsachse) die Etablierung einer Tumbleströmung 12. Die Tumbleströmung kann in bekannter Weise durch einen entsprechenden Kanalverlauf und Kanalform des Einlasskanals 13 oder durch Einbauten im Einlasskanal (z.B. Tumbleklappen) erzeugt werden.

Fig. 4 zeigt die Ausbildung einer Drall/Tumbleströmung 15 in einer Queranordnung, welche im oberen Totpunkt von einer Quetschströmung 16 überlagert wird. Die Drallströmung wird in bekannter Weise durch die Kanalform, z.B. Spiralkanal, durch die Kanalanordnung, z.B. Tangentialkanal oder durch Drosselung eines der Einlasskanäle 13 erzielt. Die Quetschströmung

16 wird durch ein Zusammenspiel von Kolben- und Zylinderkopfgeometrie im oberen Totpunkt erzeugt. Durch beide Maßnahmen wird fettes Gemisch vom Eintrittsfenster 7 ferngehalten und relativ kühleres, kraftstoffarmes oder kraftstofffreies Zylinder gas herangeführt.

- 5 Fig. 5 zeigt eine Drall/Tumbleströmung 15 unterstützt durch eine Quetschströmung 16 in einer Längsanordnung, bei welcher die Achse 2' der Laserzündeinrichtung 2 in einer durch die Zylinderachsen 10' aufgespannten Längsebene liegt. In strichlierter Darstellung sind - gesehen von der Auslasskanalseite - die beiden Einlasskanäle, der Spiralkanal 13 und der Tangentialkanal 13' dargestellt, wobei der Tangentialkanal 13' zur Drallerzeugung eine Drallklappe aufweist.

10

Patentansprüche:

- 15 1. Otto-Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, welche nach einem strahlgeführten Brennverfahren arbeitet, mit zumindest einem Ein- und einem Auslasskanal, einer Einspritzeinrichtung (1) und einer Laserzündeinrichtung (2) pro Zylinder (10), wobei der Laserstrahl der Laserzündeinrichtung (2) ein Eintrittsfenster (7) im Bereich der Einspritzeinrichtung (1) durchtritt und in einem Zündort (6) innerhalb des Strahlkegels (4, 4') des Einspritzstrahles (5) fokussiert ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Achse (1') der Einspritzeinrichtung (1) annähernd parallel zur Zylinderachse (10') ausgerichtet ist und einen Winkel β von 0° bis 5° mit der Zylinderachse (10') einschließt, sowie dass der zumindest eine Einlasskanal (13, 13') im Hinblick auf dessen Verlauf, dessen Form und dessen Anordnung zur Einspritzeinrichtung (1) derart ausgeführt ist, dass sich eine Tumble- und/oder Drallströmung (12, 15) etabliert, die kraftstoffarmes oder kraftstofffreies Zylinder gas an das Eintrittsfenster (7) der Laserzündeinrichtung (2) heranführt.
- 20 2. Otto-Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Kolbenoberfläche (9) im Zusammenspiel mit der Geometrie des Zylinderkopfes im oberen Totpunkt eine Quetschströmung (16) erzeugt, die kraftstoffarmes oder kraftstofffreies Zylinder gas am Eintrittsfenster (7) der Laserzündeinrichtung (2) vorbeiführt.
- 30 3. Otto-Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Strahlachse (2') der Laserzündeinrichtung (2) mit der Achse (1') der Einspritzeinrichtung (1) einen spitzen Winkel α von 7° bis 22°, vorzugsweise von 9° bis 20°, einschließt.
- 35 4. Otto-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Zündort (6) 1 mm bis 4 mm innerhalb des Strahlkegels (4, 4') des Einspritzstrahles (5) positioniert ist.
- 40 5. Otto-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Eintrittsort des Laserstrahles am Strahlkegel (4, 4') 10 mm bis 16 mm stromabwärts der Mündung (8) der Einspritzeinrichtung (1) angeordnet ist.
- 45 6. Otto-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Kolbenoberfläche (9) eine die Tumble- und/oder Drallströmung unterstützende Form aufweist.
- 50 7. Otto-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Einspritzeinrichtung (2) ein Mehrlochinjektor vorgesehen ist, wobei der Zündort (6) innerhalb eines die Einzelstrahlen (5') des Injektors einhüllenden Strahlkegels (4') angeordnet ist.

Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

55

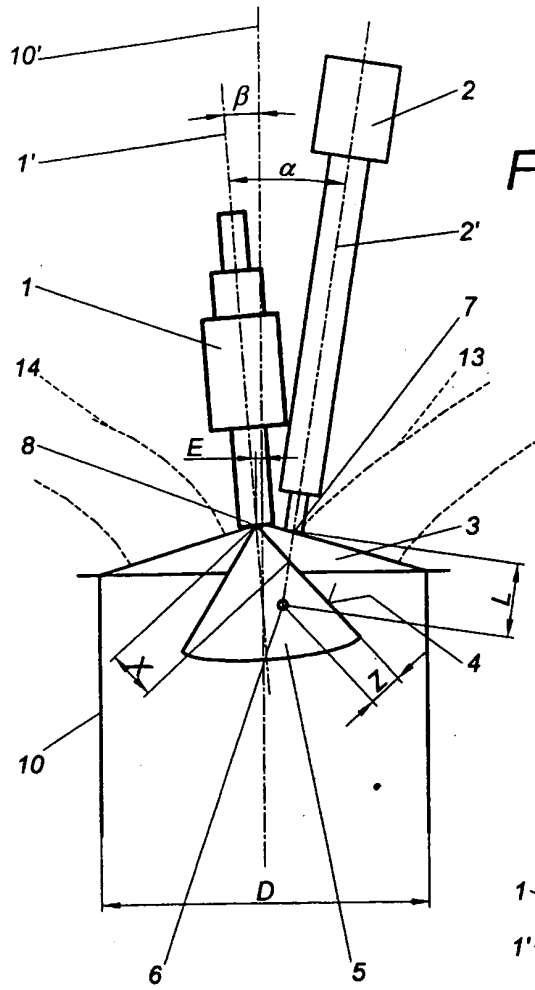


Fig. 1

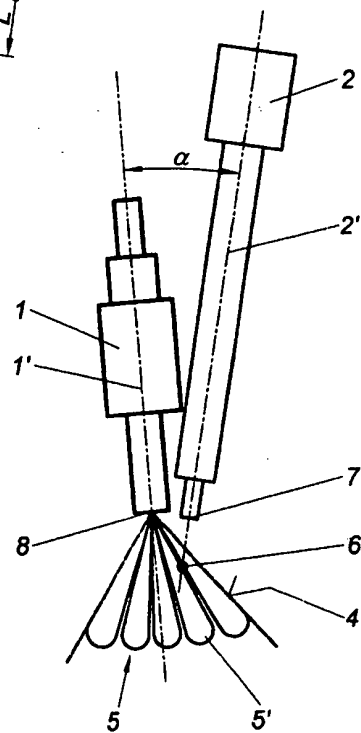


Fig. 2

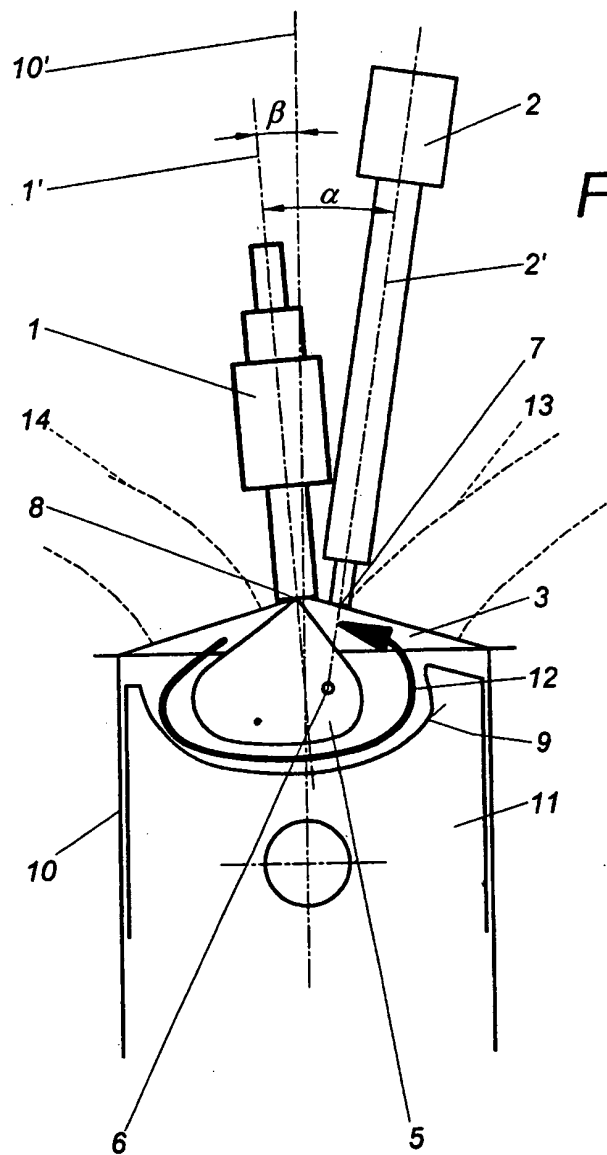


Fig.3

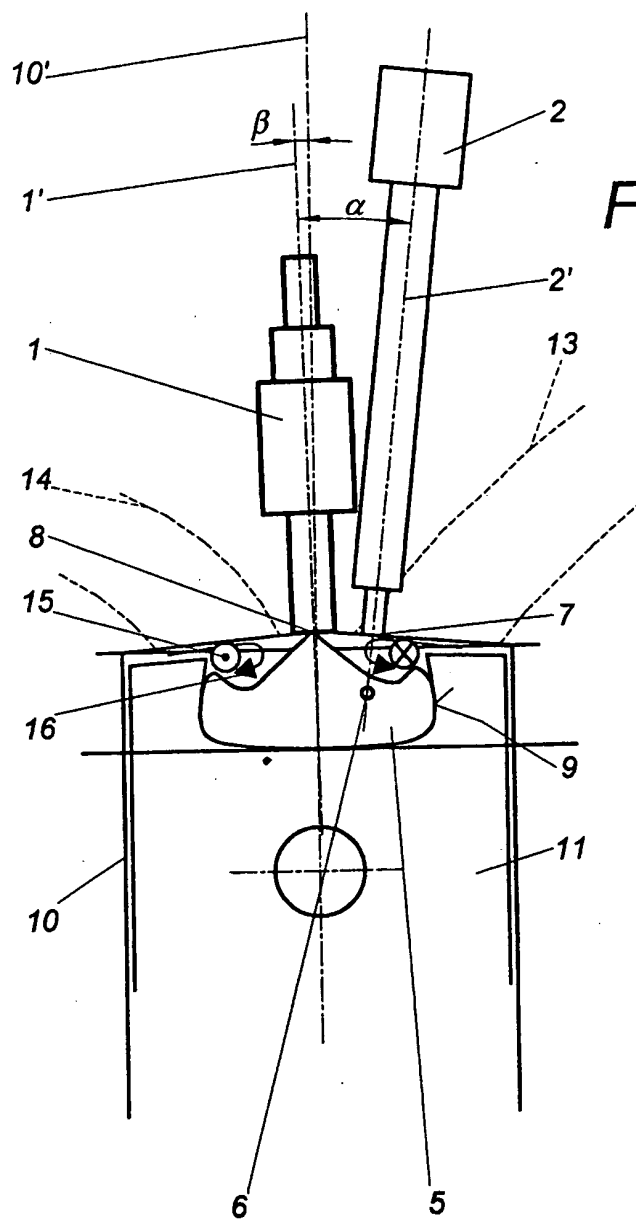


Fig. 4

