



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 402 328 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1110/87

(51) Int.Cl.⁶ : F02F 3/14

(22) Anmeldetag: 4. 5.1987

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 8.1996

(45) Ausgabetag: 25. 4.1997

(56) Entgegenhaltungen:

CH 501148A CH 523423A DE 1939435A DE 2758378A1
DE 3337899A1 EP 0111989A1 FR 1082353B GB 1519647A

(73) Patentinhaber:

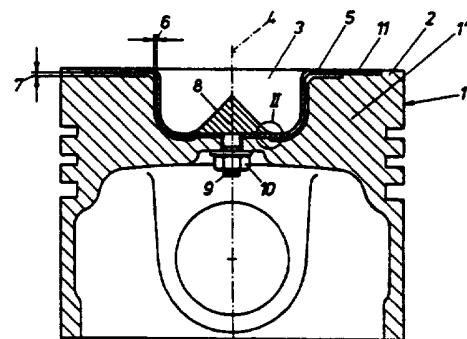
AVL GESELLSCHAFT FÜR VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN
UND MESSTECHNIK MBH. PROF.DR.DR.H.C. HANS LIST
A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

KRIEGLER WOLFGANG DIPLO.ING.
ST. PAUL I. LAVANTTAL, KÄRNTEN (AT).
WOJIK KARL DIPLO.ING.
GRAZ, STEIERMARK (AT).
BRANDL FRANZ DIPLO.ING. DR.
KUMBERG, STEIERMARK (AT).

(54) BRENNKRAFTMASCHINE, INSbesondere HUBKOLBENBRENNKRAFTMASCHINE MIT SELBSTZÜNDUNG

(57) Brennkraftmaschinen durchlaufen nach dem Start eine sogenannte "Warmlaufphase", in der die gewünschten Betriebswerte nicht oder nur teilweise erreicht werden. Die Brennkraftmaschine als Kraftfahrzeugantrieb wird außerdem in einem großen Last- und Drehzahlbereich betrieben und bei der Bernessung der Kühlung wird in der Regel nur der Extremwert (Vollast) berücksichtigt. Die Brennkraftmaschine wird also im Teillastbereich überkühlt. Eine entscheidende Verbesserung wird dadurch erreicht, daß mindestens bei einem Teil der den Brennraum begrenzenden Wände die Wärmeableitung auf das die Wände umgebende Material über zwischen den Wänden und dem sie umgebenden Material vorgesehene Wärmebrücken erfolgt, die während der Warmlaufphase und im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine zwecks Temperaturerhöhung mindestens teilweise durch Bildung von Luftspalten (6, 7) unterbrochen werden.



B

402 328

AT

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine mit Selbstzündung, wobei mindestens bei einem Teil der den Brennraum begrenzenden Wände die Wärmeableitung auf das die Wände umgebende Material über zwischen den Wänden und dem sie umgebenden Material vorgesehene Wärmebrücken erfolgt, die während der Warmlaufphase und im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine zwecks Temperaturerhöhung mindestens teilweise durch Bildung von wärmeisolierenden Luftspalten unterbrochen sind.

Die Steuerung der Oberflächentemperatur von Bauteilen im Bereich der Brennräume ist bei allen Brennkraftmaschinen, sei es, daß sie nach dem Otto- oder Dieselprinzip arbeiten, von großem Interesse. Alle diese Maschinen durchlaufen nach dem Start eine sogenannte "Warmlaufphase", in der die gewünschten Betriebswerte nicht oder nur teilweise erreicht werden. Die Brennkraftmaschine als Kraftfahrzeugantrieb wird außerdem in einem großen Last- und Drehzahlbereich betrieben und bei der Bemessung der Kühlung wird in der Regel nur der Extremwert (Vollast) berücksichtigt. Die Brennkraftmaschine wird also im Teillastbereich überkühlt.

Aus der DE 27 58 378 A1 ist ein Kolben für eine Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art bekannt, der einen aus Leichtmetall bestehenden Kolbenkörper und eine aus einem Metall mit geringerer Wärmeleitfähigkeit bestehenden Bodenplatte aufweist, die am Kolbenkörper axial über Dehnschrauben befestigt und radial über eine Ringpassung gegenüber dem Kolbenkörper zentriert ist. Die Ringpassung wird im Bereich der Lauffläche der Bodenplatte und dem Passungs-Innenring vom Kolbenkörper gebildet. Bei einem derartigen Kolben wurde festgestellt, daß infolge der Aufwölbung des Kolbenbodens auch die Ringfläche des Kolbenbodens in der Ringpassung zwischen Boden und Kolbenkörper sich schräg stellt und dadurch der zum Kolbenfuß liegende Bereich der Ringpassung stärker belastet wird als der zum Kolbenkopf weisende Bereich der Ringpassung. Es kann sich dadurch in der Ringpassung ein zum Kolbenkopf hin sich erweiternder Ringspalt bei Betriebstemperatur ausbilden, was in weiterer Folge zur Ausbildung von Reibrost, insbesondere im zum Kolbenfuß weisenden Bereich der Ringpassung, führt. Um die Reibrostbildung im Bereich der Ringpassung zu vermeiden, ist beim bekannten Kolben vorgesehen, daß in der Ringpassung ein in Richtung zum Kolbenfuß sich erweiternder Spalt derart ausgebildet ist, daß die Ringfläche nur an ihrem zum Kolbenkopf weisenden Enden fest gegeneinander anliegen und dieser Spalt bei Betriebstemperatur abgebaut ist. Dadurch, daß die Spalte sehr weit vom Brennraum und außerdem im Bereich der Kolbenringe liegen, kann allerdings bei einer höheren Temperatur der Brennraumwände durch Schließen der Spalte keine nennenswerte thermische Entlastung eintreten.

Weiters sind aus den Schriften CH 501 148 A und CH 523 423 A Verfahren zur Kühlung eines Brennkraftmaschinenkolbens bekannt, bei denen die Kühlung der Brennraumwand durch einen inneren Kühlraum und das in ihm vorgesehene Kühlmittel, das geregelt wird, erfolgt. Der innere Kühlraum umfaßt die Brennraumwand bis zum Erreichen der für die Verbrennung günstigen Temperatur der Brennraumwand isolierend. Erst bei Erreichen der günstigen Temperatur schmilzt das Kühlmittel, wobei durch die auf- und abgehenden Kolbenbewegungen eine sogenannte Schüttelkühlung eintritt. Diese Kühlung ist aber unzureichend, weil der bisher zur Isolierung des Brennraumes dienende Teil des inneren Kühlraumes nur unzureichend zur Wärmeübertragung herangezogen wird.

Aus der DE 1 939 435 A ist ein Muldenkolben für Brennkraftmaschinen mit einer aus hochhitzebeständigem Blech ausgekleideten Mulde bekannt, welches gegenüber der Muldenwandung einen Spaltraum freiläßt, um eine höhere Muldenwandtemperatur zu erreichen. Aus der Druckschrift ist allerdings kein Hinweis zu entnehmen, daß der Spaltraum während der Warmlaufphase und im Teillastbereich der Brennkraftmaschine verschwindet und zusätzliche Wärmebrücken gebildet werden.

Auch die GB 1 519 647 A offenbart einen Kolben mit Luftspalte zwischen den an den Brennraum grenzenden Kolbenwänden und dem umgebenden Kolbenmaterial. Eine temperaturabhängige Überbrückung des Spaltes und Veränderung der Wärmebrücken ist allerdings nicht vorgesehen. Dies gilt auch für die in der EP 0 111 989 A1 und der DE 33 37 899 A1 geoffenbarten Kolben.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß es eine entscheidende Verbesserung darstellen würde, wenn man einerseits die Warmlaufphase verkürzen und andererseits die Temperaturen mindestens eines Teiles der den Brennraum begrenzenden Wände im Teillastbereich erhöhen könnte, um den inneren Wirkungsgrad zu erhöhen und bessere Emissionen zu erreichen.

Die Steuerung der Oberflächentemperatur von Bauteilen im Bereich des Brennraumes geschieht erfindungsgemäß dadurch, daß die Luftspalte entweder so knapp bemessen sind, daß sie nach Erreichen einer bestimmten Temperatur, z.B. zwischen 300 und 400 °C, durch die Wärmedehnung der Bauteile verschwinden und dadurch eine zusätzliche Wärmebrücke herstellen, oder mit Räumen kommunizieren, in welche ein dritter, gut wärmeleitender Werkstoff eingelagert ist, der, wie an sich bekannt, bei der gewünschten Temperatur flüssig ist oder wird, eine hohe Oberflächenspannung besitzt und in die Luftspalte eindringend die Wärmebrücke herstellt. Dadurch werden sich also die betreffenden Wände wesentlich

rascher erwärmen, bzw. im Teillastbetrieb wunschgemäß eine höhere vorbestimmbare Temperatur annehmen. Die erfindungsgemäße Ausbildung der Brennraumwände ergibt eine weitgehend konstante Brennraumwandtemperatur im ganzen Betriebsbereich, wodurch der Zündverzug verkürzt und damit die während des Zündvorganges eingespritzte Kraftstoffmenge minimiert wird. Dadurch wird der Druckanstieg bei der Verbrennung, vor allem im unteren Drehzahlbereich und bei Teillast, dahingehend beeinflußt, daß die Größe der Verbrennungsdruckanregung deutlich kleiner ist als bei herkömmlichen Motoren.

Bei der erfindungsgemäßen Ausführung mit einem dritten, gut wärmeleitenden Werkstoff, tritt bei stärkerer Wärmezufuhr anstelle des Formschlusses der wärmeübertragenden Teile eine gute wärmeleitende Überbrückung der Teile mittels des sehr gut leitenden flüssigen Metalles. Selbstverständlich können beide Methoden miteinander kombiniert werden, z. B. kann ein Teil der wärmeübertragenden Flächen durch Wärmezufuhr formschlüssigen Kontakt bekommen und ein anderer Teil kann durch Eindringen von flüssigem Metall in den Luftspalt gut wärmeleitend überbrückt werden.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung kann der Kolben der Brennkraftmaschine eine rotationssymmetrische Brennraummulde mit einem dünnwandigen, z. B. aus temperaturbeständigem Blech, tiefgezogenen Brennraumeinsatz aufweisen und zwischen dem Brennraumeinsatz und dem ihn umgebenden Kolbenkörper ein minimaler Luftspalt mit genau definierten Linienberührungen vorhanden sein, der bei der gewünschten Temperatur durch die Wärmedehnung des dünnwandigen Brennraumeinsatzes und/oder des eingelagerten dritten Werkstoffes verschwindet und die Wärmebrücke herstellt. Die genaue Formgebung der Stützstellen kann durch eine Berechnung mit der Methode der finiten Elemente erfolgen.

Gemäß der Erfindung kann der Kolben aber auch einen massiven Brennraumeinsatz mit einer auf diesen aufgezogenen Büchse aus einem Werkstoff höherer Wärmedehnung aufweisen, wobei zwischen dem Kolbenkörper und der Büchse ein knapp bemessener Luftspalt vorgesehen ist, der bei der Solltemperatur infolge der größeren Wärmedehnung des Brennraumeinsatzes samt Büchse verschwindet und so die Wärmebrücke herstellt. Diese Ausführung ist relativ einfach herstellbar.

Der Erfindungsgedanke läßt sich aber auch an der Zylinderbüchse der Brennkraftmaschine realisieren, indem zwischen Zylindergehäuse und Zylinderbüchse ein Luftspalt ausgebildet wird, der eine der thermischen Büchsenverformung entsprechende Kontur besitzt und bei der Solltemperatur infolge der Wärmedehnung und/oder des in eine Ringnut eingelagerten dritten Werkstoffes verschwindet und die Wärmebrücke herstellt.

Im Gegensatz zu dieser Ausführung gemäß der Erfindung haben die seit langem bekannten sogenannten "Slip-Fit"-Büchsen eine Art Schiebesitz im Motorblock, örtliche Luftspalte zwischen Motorblock und Büchse werden in Kauf genommen, sind aber unerwünscht. Je nach Oberflächengüte der Büchse und des Motorblockes wird ein besserer oder schlechterer Wärmeübergang erreicht. Nachteil dieser Konstruktion ist ein deutlich schlechterer Wärmeübergang bei Vollast als bei nassen oder eingepreßten Büchsen. Dies führt bei Vollast-Dauerläufen zu erhöhtem Kolbenring- und Zwickelverschleiß. Durch ungenügende Abdichtung dieser Slip-Fit-Büchsen nach unten, wird sehr oft Öl in den Spalt gesaugt. Das Motoröl verkopt im Spalt und verschlechtert den Wärmeübergang noch mehr. In der Teillast und in der Warmlaufphase ist dieser schlechtere Wärmeübergang aber eher von Vorteil.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einiger Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 den Kolben einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine im Mittelschnitt quer zur Achse des Kolbenbolzens, Fig. 2 das Detail II aus Fig. 1 in vergrößertem Maßstab, Fig. 3 und 4 je eine weitere Ausführungsform eines Kolbens gemäß der Erfindung, Fig. 5 und 6 je eine Ausführungsform einer Zylinderbüchse gemäß der Erfindung im Axialschnitt.

Gleiche Teile sind bei den verschiedenen Ausführungsformen mit den selben Bezugssymbolen versehen. Bei der Ausführung eines temperaturgesteuerten Kolbens nach Fig. 1 und 2 weist der Kolben 1 vom Kolbenboden 2 her eine Brennraummulde 3 auf, welche als Rotationskörper ausgebildet ist. Die gemeinsame Achse von Kolben und Brennraummulde ist mit 4 bezeichnet. Die Brennraummulde 3 wird von dem Brennraumeinsatz 5 gebildet, der aus einem dünnen temperaturbeständigen Blech, möglicherweise tiefgezogen, hergestellt ist. Zwischen dem dünnwandigen Brennraumeinsatz 5 und dem Kolbenkörper 1' ist ein minimaler Spalt 6 bzw. 7 gebildet, wobei es nur genau definierte Linienberührungen gibt. Der Luftspalt 6 und zumindest teilweise auch der Luftspalt 7 wird bei stärkerer Wärmezufuhr durch die Wärmedehnung des dünnwandigen Brennraumeinsatzes 5 zum Verschwinden gebracht, wodurch Formschluß zwischen Brennraumeinsatz 5 und Kolbenkörper 1' hergestellt ist, der bei höherer Wärmelastung des Kolbens den erwünschten Wärmefluß zwischen Brennraumeinsatz 5 und Kolbenkörper 1' sicherstellt. Die genaue Formgebung der Stützstellen kann durch eine Berechnung mit der Methode der finiten Elemente erfolgen. Im zentralen Bereich der Brennraummulde 3 ist ein etwa kegelförmiger Einsatz 8 angeordnet, der von unten her durch einen Schraubstutzen 9, welcher den Boden der Brennraummulde 3 durchsetzt, und eine Schraubmutter 10 befestigt ist.

Dargestellt ist der Kolben im kalten Zustand, wobei zwischen dem Kolbenkörper 1' und der Brennraummulde 3 mit Ausnahme des Bereiches unterhalb des kegelförmigen Einsatzes 8 und des äußeren Flanschbereiches 11 des Brennraumeinsatzes 5 ein Spalt 6 besteht, der im inneren Flanschbereich in den Spalt 7 übergeht. Infolge der größeren Wärmedehnung des Brennkammereinsatzes 5 gegenüber dem Kolbenkörper 1' können die zusammenwirkenden Elemente so bemessen werden, daß der Spalt 6 bei einer vorbestimmten Temperatur, z. B. zwischen 300 und 400 °C verschwindet und somit die Wärmebrücke durch Formschluß der Teile hergestellt und den bei höherer Wärmebelastung des Kolbens erwünschten Wärmefluß sicherstellt.

Eine geometrische Auslegung, die eine "pendelnde" Bewegung des Brennraumeinsatzes vorsieht, wäre denkbar. Dabei kommt es zur wechselweisen Aufnahme und Abgabe der Wärme des Brennraumeinsatzes und somit zum Wärmetransport über den Kolbenkörper 1' in üblicher Weise.

Bei der Ausführung nach Fig. 3 ist ein massiver Brennraumeinsatz 12 vorgesehen. Im Bereich der Brennraummulde 3 ist eine Büchse 13 aus einem Werkstoff höherer Wärmedehnung aufgezogen. Dahinter befindet sich ein knapp bemessener Luftspalt 14. Beim Warmlauf und in der Teillast bleibt der Luftspalt 14 erhalten. Bei größerer Wärmebelastung dehnt sich der Brennraumeinsatz 12 samt Büchse 13 stärker als der Kolbenkörper 1' aus und die Büchse 13 stellt dabei den Formschluß mit dem Kolbenkörper 1' her.

Auch hier ist ein "pendelnder" Betrieb der Büchse 13 denkbar, weil sie Wärme vom Brennkammereinsatz aufnimmt, sich dadurch ausdehnt und durch Formschluß mit dem Kolbenkörper 1' Wärme an den Kolbenkörper abgibt. Dadurch wird wiederum eine Abkühlung und eine damit verbundene Kontraktion erreicht, die Büchse 13 liegt wieder innen an und kühlst den Brennraumeinsatz 12 erneut. Hier werden also zwei Luftspalte, einer innen, einer außen 14, je nach Temperaturbelastung der Büchse 13 abwechselnd für den Wärmetransport ausgenutzt.

Bei der Ausführung nach Fig. 4 ist unter dem Brennkammereinsatz 12 ein Ring 15 aus einem Metall mit niedrigem Schmelzpunkt und hoher Oberflächenspannung im geschmolzenen Zustand beigelegt. In der Warmlaufphase und in der Teillast wird die isolierende Wirkung des Luftspaltes 14 ausgenützt. Bei höherer Temperaturbelastung beginnt der Ring 15 zu schmelzen und wird aufgrund seiner Wärmedehnung und der geometrischen Ausgestaltung des Spaltes in den Luftspalt 14 hineingedrückt. Dadurch wird wieder eine Wärmebrücke zum Kolbenkörper 1' hergestellt. Etwaige Störungen, sowie Shakerwirkungen werden den Wärmeübergang verbessern und ein gleichmäßigeres Temperaturniveau zur Folge haben. Kühlst der Kolben ab, so zieht sich das noch flüssige Metall wieder zusammen und erstarrt. Zurück bleibt wieder der isolierende Luftspalt 14. Bei der Auswahl des Werkstoffes mit niedrigem Schmelzpunkt ist darauf zu achten, daß das Metall keine metallische Bindung (z. B. Lötung) mit dem Kolbenkörper 1' oder dem Brennraumeinsatz 12 eingeht. Dies muß durch die Formgebung des Luftspaltes 14 und die geeignete Auswahl des Wärmeträgermediums verhindert werden.

Bei der in Fig. 5 dargestellten trockenen Zylinderbüchse 16 ist zur Temperatursteuerung ein Luftspalt 17 vorgesehen, der eine der Büchsenverformung entsprechende Kontur besitzt. Diese Büchsenverformung ist exakt mit der Methode der finiten Elemente zu berechnen. Hier ist eine einwandfreie Abdichtung zum Kurbelgehäuse und damit zum Ölraum herzustellen. Die diesbezügliche Abdichtung zwischen Büchse 16 und Zylindergehäuse 19 ist mit 18 bezeichnet.

Kombiniert man hier die beiden erwünschten Anforderungen (schlechter Wärmeübergang bei geringer Temperaturbelastung und guter Wärmeübergang bei Vollast), so ergibt das die vorliegende analoge Lösung, wie bei den Kolbenausführungen nach Fig. 1 bis 3. Der Spalt 17 verschwindet auch hier bei höherer Wärmebelastung der Zylinderbüchse 16 und schafft dadurch die Wärmebrücke zum Zylindergehäuse 19.

Bei der Ausführung nach Fig. 6 ist unterhalb des Luftspaltes 17 eine Ringnut 20 vorgesehen, die einen zumindest im höheren Temperaturbereich flüssigen dritten Stoff 22 enthält. Dadurch kann nicht nur eine Steuerung des Wärmeffusses, sondern auch eine in diesem Bereich sehr erwünschte Vergleichmäßigung der Temperaturen erreicht werden. Bei größerer Temperaturbelastung übernimmt die in der Ringnut 20 enthaltene Flüssigkeit, z. B. ein niedrig schmelzendes Metall, die Aufgabe, den Wärmefluß von der Zylinderbüchse 16 zum Zylindergehäuse 19 sicherzustellen. Die Flüssigkeit dringt im Luftspalt 17, ausgehend vom Flüssigkeitsniveau "kalt" 21 nach oben vor und die Wärme kann abfließen. Beim Erkalten zieht sich die Flüssigkeit zusammen, bis zum Niveau 21 und der Wärmefluß wird wieder unterbrochen.

Der Vorteil einer auf diese Weise angehobenen BüchsenTemperatur während der Warmlaufphase und in der Teillast ist eine verringerte Kolbenringreibung und damit eine Kraftstoffersparnis.

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine, insbesondere Hubkolbenbrennkraftmaschine mit Selbstzündung, wobei mindestens bei einem Teil der den Brennraum begrenzenden Wände die Wärmeableitung auf das die Wände umgebende Material über zwischen den Wänden und dem sie umgebenden Material vorgesehene Wärmebrücken erfolgt, die während der Warmlaufphase und im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine zwecks Temperaturerhöhung mindestens teilweise durch Bildung von wärmeisolierenden Luftspalten unterbrochen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Luftspalte (6, 7, 14, 17) entweder so knapp bemessen sind, daß sie nach Erreichen einer bestimmten Temperatur, z.B. zwischen 300 und 400 °C, durch die Wärmedehnung der Bauteile verschwinden und dadurch eine zusätzliche Wärmebrücke herstellen, oder mit Räumen (15, 20) kommunizieren, in welche ein dritter gut wärmeleitender Werkstoff eingelagert ist, der, wie an sich bekannt, bei der gewünschten Temperatur flüssig ist oder wird, eine hohe Oberflächenspannung besitzt und in die Luftspalte (14, 17) eindringend die Wärmebrücke herstellt.
- 15 2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ihr Kolben (1) in an sich bekannter Weise eine rotationssymmetrische Brennraummulde (3) mit einem dünnwandigen, z.B. aus temperaturbeständigem Blech, tiefgezogenen Brennraumeinsatz (5) aufweist, und daß zwischen Brennraumeinsatz (5) und dem ihn umgebenden Kolbenkörper (1') wie an sich bekannt, ein minimaler Luftspalt (6, 7) mit genau definierten Linienberührungen vorhanden ist, der bei der gewünschten Temperatur durch die Wärmedehnung des dünnwandigen Brennraumeinsatzes (5) und/oder des eingelagerten dritten Werkstoffes (15, 20) verschwindet und die Wärmebrücke herstellt.
- 25 3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ihr Kolben (1) einen massiven Brennraumeinsatz (12) mit einer auf diesen aufgezogenen Büchse (13) aus einem Werkstoff höherer Wärmedehnung aufweist und zwischen dem Kolbenkörper (1') und der Büchse (13) ein knapp bemessener Luftspalt (14) vorgesehen ist, der bei der Solltemperatur infolge der größeren Wärmedehnung des Brennraumeinsatzes (12) samt Büchse (13) verschwindet und so die Wärmebrücke herstellt.
- 30 4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen Zylindergehäuse (19) und Zylinderbüchse (16) ein Luftspalt (17) ausgebildet ist, der eine der thermischen Büchsenverformung entsprechende Kontur besitzt und bei der Solltemperatur infolge der Wärmedehnung und/oder des in eine Ringnut (20) eingelagerten dritten Werkstoffes (22) verschwindet und die Wärmebrücke herstellt.

35

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

40

45

50

55

Fig. 1

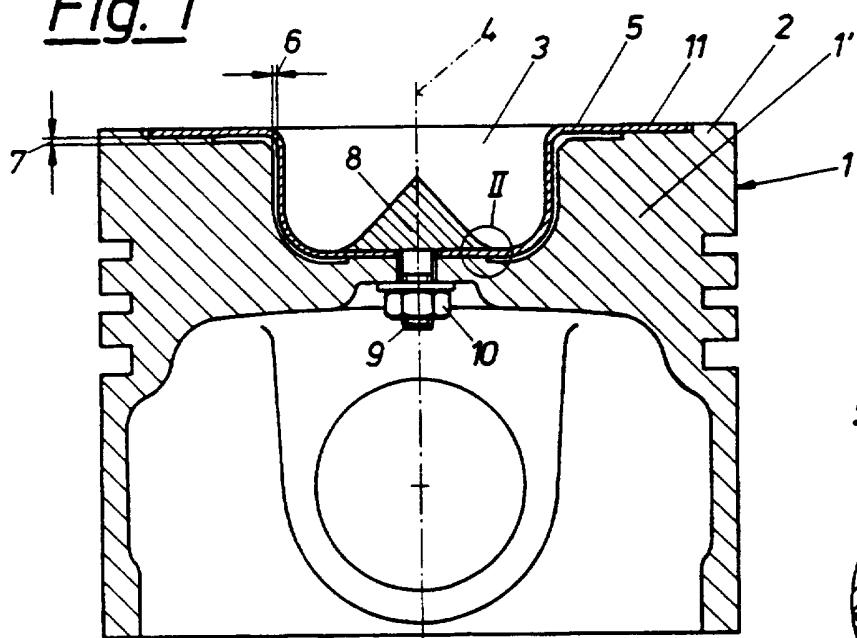


Fig. 2

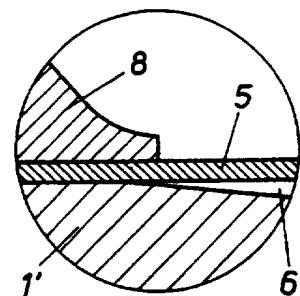


Fig. 3

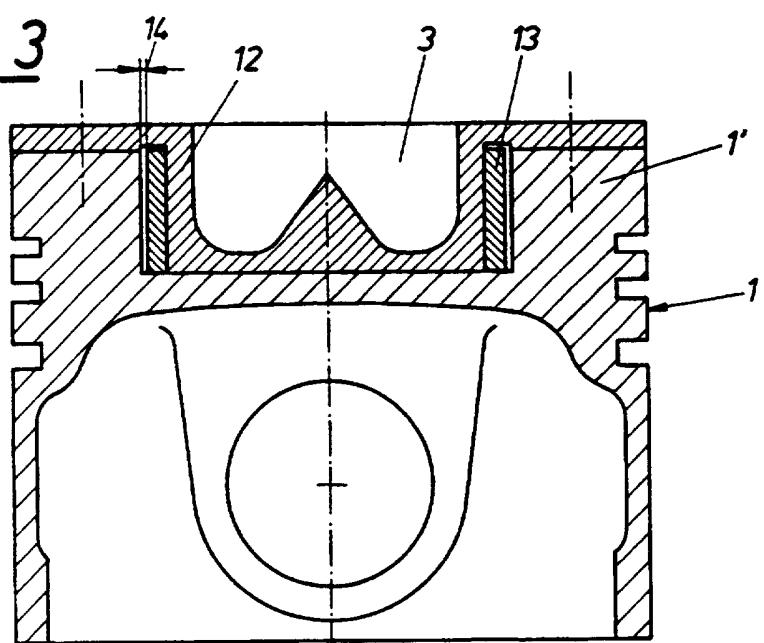


Fig. 4

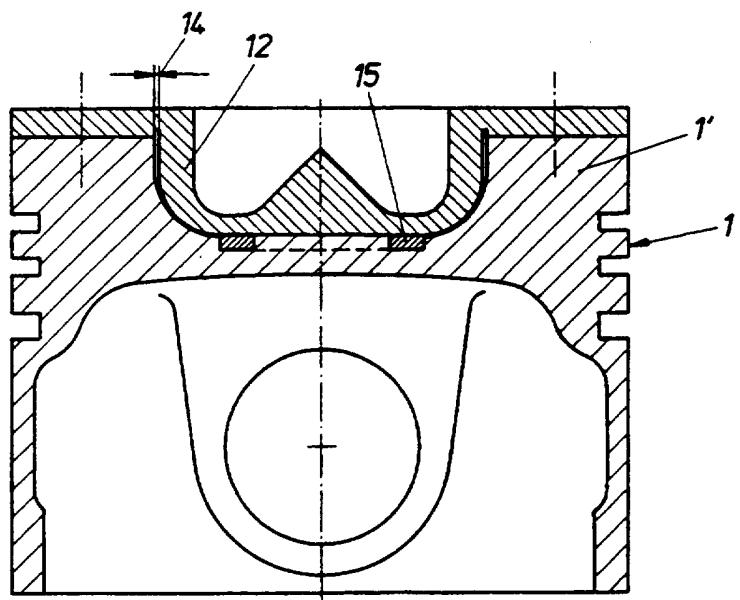


Fig. 5

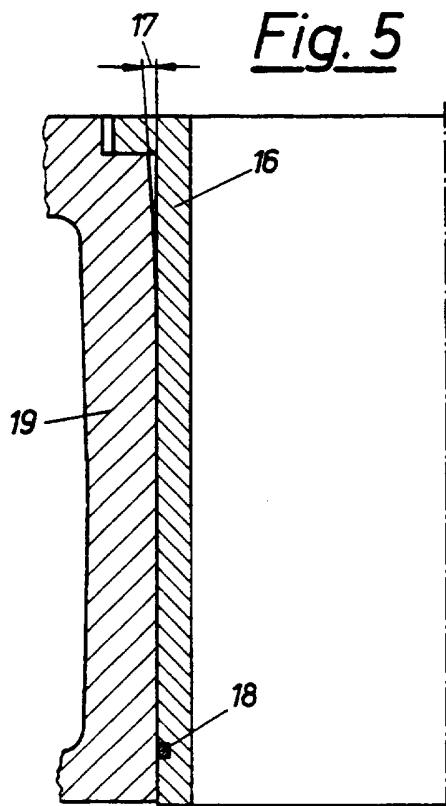


Fig. 6

