



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 668 291 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 02 B 23/08
F 02 B 75/02**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑮① Numéro de la demande: 2560/86

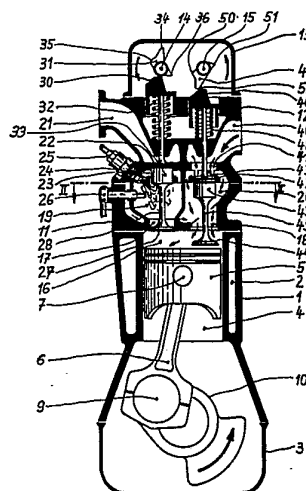
⑮② Date de dépôt: 25.06.1986

⑮④ Brevet délivré le: 15.12.1988

⑮⑤ Fascicule du brevet
publié le: 15.12.1988⑮③ Titulaire(s):
Roger Bajulaz, Santa Barbara/CA (US)⑮⑦ Inventeur(s):
Bajulaz, Roger, Santa Barbara/CA (US)⑮④ Mandataire:
Micheli & Cie, ingénieurs-conseils, Genève

⑮④ Moteur à combustion interne.

⑮⑦ Il comporte une culasse (11, 12) munie d'une chambre de préchauffage (20) et une chambre de combustion (19) associées à une chambre à volume variable (16). La chambre de préchauffage (20) est située entre la tubulure d'admission (40) et la chambre à volume variable (16). La chambre de combustion (19) est située entre la tubulure d'échappement (21) et la chambre à volume variable (16). Les soupapes d'admission (44) et d'échappement (27) mettent en communication ou séparent, suivant leur position, la chambre à volume variable (16) avec la chambre de préchauffage (20) ou la chambre de combustion (19). Les tiges (45, 28) des soupapes d'admission (44) et d'échappement (27), actionnées par des cames (50, 31) entraînées en rotation par des arbres à cames (14, 15), portent l'organe mobile (49, 33) de dispositifs d'obturation, qui en coopérant respectivement avec les organes fixes (42, 23) munis de lumières (43, 24), ouvrent ou ferment la liaison entre la chambre de préchauffage (20) et la tubulure d'admission (41), et entre la chambre de combustion (19) et la tubulure d'échappement (21).



REVENDECATIONS

1. Moteur à combustion interne comprenant un bloc-moteur, dans lequel est tourillonné un vilebrequin, présentant au moins un cylindre dans lequel se déplace linéairement un piston relié au vilebrequin par une bielle; une culasse fixée sur la partie supérieure du bloc-moteur; cette culasse, ce piston et ce cylindre définissant une chambre à volume variable reliée, d'une part, à au moins une tubulure d'admission et, d'autre part, à au moins une tubulure d'échappement; ce moteur comprenant encore, pour chaque chambre à volume variable, au moins une soupape d'admission et au moins une soupape d'échappement actionnées par au moins un arbre à cames entraîné par le vilebrequin, caractérisé par le fait:

que la culasse comporte au moins une chambre de préchauffage et au moins une chambre de combustion associées à au moins une chambre à volume variable;

que la chambre de préchauffage est située entre la tubulure d'admission et la chambre à volume variable;

que la chambre de combustion est située entre la tubulure d'échappement et la chambre à volume variable;

que les soupapes d'admission et d'échappement mettent en communication ou séparent, suivant leur position, la chambre à volume variable avec la chambre de préchauffage, respectivement la chambre de combustion;

que les tiges des soupapes d'admission et d'échappement portent l'organe mobile d'un dispositif d'obturation ouvrant ou fermant la liaison entre la chambre de préchauffage et la tubulure d'admission, respectivement entre la chambre de combustion et la tubulure d'échappement, et

que les cames, portées par l'arbre à cames, actionnant les soupapes d'admission et d'échappement présentent des levées de deux hauteurs, de telle sorte que, lorsqu'une soupape est actionnée par la levée de faible hauteur, elle soit en position d'ouverture, mais que le dispositif d'obturation qui lui est associé soit en position de fermeture, de sorte que la chambre à volume variable est en liaison avec la chambre de préchauffage, respectivement de combustion, et que, lorsque cette soupape est actionnée par la levée de plus forte hauteur, elle soit en position d'ouverture de même que le dispositif d'obturation qui lui est associé, de sorte que la chambre à volume variable est reliée à la tubulure d'admission par l'intermédiaire de la chambre de préchauffage, respectivement à la tubulure d'échappement par l'intermédiaire de la chambre de combustion.

2. Moteur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les dispositifs d'obturation mettent respectivement en communication les chambres de préchauffage et de combustion avec les tubulures d'admission et d'échappement lorsque l'organe mobile coulissant ouvre au moins une lumière de la partie fixe du dispositif d'obturation correspondant.

3. Moteur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'organe mobile de chaque dispositif d'obturation est solidaire de la tige de la soupape correspondante et présente un diamètre sensiblement égal à celui de cette soupape, de sorte que la résultante des forces dues aux pressions internes des chambres de combustion, respectivement de préchauffage, sur les tiges de soupape sont négligeables.

4. Moteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que chaque came comporte trois levées, deux de faible hauteur et une de plus grande hauteur.

5. Moteur selon la revendication 4, caractérisé par le fait que chaque came comporte une petite levée, de faible hauteur, indépendante, la seconde levée de faible hauteur étant directement accolée angulairement à la levée de forte hauteur.

6. Moteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les chambres de combustion et de préchauffage sont situées immédiatement au-dessus de la chambre à volume variable et communiquent directement avec cette dernière par l'intermédiaire des soupapes d'admission et d'échappement.

7. Moteur selon la revendication 6, caractérisé par le fait que les tubulures d'échappement et d'admission sont situées immédiatement au-dessus des chambres de combustion, respectivement de préchauffage, et communiquent directement ensemble.

8. Moteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte un injecteur de combustible dans la chambre de combustion.

DESCRIPTION

La présente invention se rapporte aux moteurs à combustion interne dont le cycle de fonctionnement comporte six temps ou plus, tels que décrits par exemple dans le brevet US 4.513.568 et la

demande de brevet européen publiée N° 0 104 541 ou dans la publication de la Society of Automotive Engineers, Inc. intitulée «The Bajulaz Cycle: A Two-Chamber Internal Combustion Engine with Increased Thermal Efficiency» dans la série «SAE Technical Paper Series», N° 860534, de février 1986.

Du point de vue pratique, ces moteurs présentent principalement l'inconvénient de nécessiter la réalisation d'étanchéité entre des pièces rotatives ou oscillantes angulairement du système de distribution du cycle à six temps, ce qui, dans certains cas, peut présenter des problèmes de friction et de graissage ainsi que des difficultés de réalisation pratique.

La présente invention a pour objet un moteur à combustion interne du type précité, tendant à obvier aux inconvénients énumérés ci-dessus par l'absence de mouvements rotatifs ou angulaires entre des pièces devant former un assemblage étanche.

Ce moteur à combustion interne comprend un bloc-moteur, dans lequel est tourillonné un vilebrequin, présentant au moins un cylindre dans lequel se déplace linéairement un piston relié au vilebrequin par une bielle; une culasse fixée sur la partie supérieure du bloc-moteur; cette culasse, ce piston et ce cylindre définissant une chambre à volume variable reliée, d'une part, à au moins une tubulure d'admission et, d'autre part, à au moins une tubulure d'échappement; ce moteur comprenant encore, pour chaque chambre à volume variable, au moins une soupape d'admission et au moins une soupape d'échappement actionnées par au moins un arbre à cames entraîné par le vilebrequin.

Il se distingue par le fait:

que la culasse comporte au moins une chambre de préchauffage et au moins une chambre de combustion associées à au moins une chambre à volume variable;

que la chambre de préchauffage est située entre la tubulure d'admission et la chambre à volume variable;

que la chambre de combustion est située entre la tubulure d'échappement et la chambre à volume variable;

que les soupapes d'admission et d'échappement mettent en communication ou séparent, suivant leur position, la chambre à volume variable avec la chambre de préchauffage, respectivement la chambre de combustion;

que les tiges des soupapes d'admission et d'échappement portent l'organe mobile d'un dispositif d'obturation ouvrant ou fermant la liaison entre la chambre de préchauffage et la tubulure d'admission, respectivement entre la chambre de combustion et la tubulure d'échappement, et

que les cames, portées par l'arbre à cames, actionnant les soupapes d'admission et d'échappement, présentent des levées de deux hauteurs, de telle sorte que, lorsqu'une soupape est actionnée par la levée de faible hauteur, elle soit en position d'ouverture, mais que le dispositif d'obturation qui lui est associé soit en position de fermeture, de sorte que la chambre à volume variable est en liaison avec la chambre de préchauffage, respectivement de combustion, et que, lorsque cette soupape est actionnée par la levée de plus forte hauteur, elle soit en position d'ouverture de même que le dispositif d'obturation qui lui est associé, de sorte que la chambre à volume variable est reliée à la tubulure d'admission par l'intermédiaire de la

chambre de préchauffage, respectivement à la tubulure d'échappement par l'intermédiaire de la chambre de combustion.

Le dessin annexé illustre schématiquement et à titre d'exemple une forme d'exécution du moteur à combustion interne selon l'invention.

La figure 1 est une coupe transversale du moteur passant par l'axe d'un cylindre.

La figure 2 est une coupe suivant la ligne II-II de la figure 1.

Les figures 3 à 8 sont des coupes transversales du moteur, semblables à la figure 1, mais à plus petite échelle, illustrant chacun des six temps de son cycle de fonctionnement.

Le moteur à combustion interne illustré comporte un bloc-moteur 1, muni d'un circuit de refroidissement 2 conventionnel, dont l'extrémité inférieure est obturée par un carter 3. Le bloc-moteur 1 comporte au moins un alésage constituant un cylindre 4 dans lequel se déplace de façon connue un piston 5 articulé sur une bielle 6 par un axe 7. Ce piston 5 est muni de segments d'étanchéité 8 conventionnels. Contrairement aux moteurs conventionnels dont la chambre de combustion est constituée par une partie de la chambre à volume variable, dans le cas présent le volume de cette chambre à volume variable 16 est sensiblement égal à zéro lorsque le piston 5 est en position haute.

L'extrémité inférieure de la bielle 6 est tourillonnée sur un maneton 9 d'un vilebrequin 10 pivoté dans des paliers du bloc-moteur 1, cela de façon conventionnelle.

Une culasse comportant un corps inférieur 11 et un corps supérieur 12 est fixée sur la partie supérieure du bloc-moteur 1 de façon connue. Enfin, la partie supérieure de la culasse est obturée par un couvercle d'arbre à cames 13.

Une liaison cinématique, non illustrée, relie le vilebrequin 10 aux arbres à cames 14, 15 afin d'entraîner ces derniers à une vitesse angulaire trois fois inférieure à celle du vilebrequin 10.

Le cylindre 4, le piston 5 et la face inférieure du corps inférieur 11 de la culasse définissent une chambre à volume variable 16 dont la surface supérieure, formée par la face inférieure du corps inférieur 11 de la culasse, comporte deux orifices 17, 18 munis de sièges de soupape.

L'orifice 17 met en communication la chambre à volume variable 16 avec une chambre de combustion 19, pratiquée dans la culasse et délimitée par une cloison en un matériau permettant un transfert rapide de la chaleur.

L'orifice 18 met en communication la chambre à volume variable 16 avec une chambre de préchauffage 20 pratiquée dans la culasse et entourant pratiquement totalement la chambre de combustion 19. Les parois de cette chambre de préchauffage peuvent être réalisées en un matériau isolant, par exemple en céramique.

Le corps supérieur 12 de la culasse comporte un conduit d'échappement 21 communiquant avec la chambre de combustion 19 par un orifice 22 débouchant dans une jupe 23 coaxiale à l'ouverture 17 reliant la chambre de combustion 19 à la chambre à volume variable 16. Cette jupe 23 comporte une ou plusieurs lumières 24 pratiquées dans sa paroi circonférentielle et communiquant avec la chambre de combustion 19.

Un injecteur 25 permet d'injecter un combustible dans la chambre de combustion 19 au moment voulu en fonction du cycle de fonctionnement. Un organe de chauffage ou d'allumage 26, telle une bougie par exemple, débouche également dans cette chambre de combustion 19 pour provoquer la combustion ou l'explosion du mélange combustible ou détonant comprimé dans cette chambre de combustion 19.

Une soupape 27, coaxiale à l'ouverture 17, coopère avec le siège de cette ouverture pour séparer la chambre à volume variable 16 de la chambre de combustion 19, dont la tige 28 s'étend au travers de la chambre de combustion 19, de la jupe 23 et est guidée dans le corps supérieur 12 de la culasse. L'extrémité supérieure de la tige 28 est solidaire d'un poussoir 30 qui coopère avec une came 31 solidaire de l'arbre à cames 14. Un ressort 32 prenant appui sur le corps supé-

rieur 12 de la culasse et le poussoir 30 tend à maintenir la soupape 27 contre son siège en position de fermeture.

Un piston 33 solidaire de la tige de soupape 28 coulisse de façon étanche dans la jupe 23 et l'ouverture 22 et constitue la partie mobile d'un dispositif d'obturation dont la jupe 23 constitue la partie fixe. Par un déplacement linéaire, le piston 33 obture, respectivement ouvre, les lumières 24 de manière à fermer, respectivement ouvrir, la communication entre la chambre de combustion 19 et la tubulure d'échappement 21.

La came 31 comporte plusieurs levées, l'une 34 de grande hauteur et deux 35, 36 de plus faible hauteur.

Lorsque les levées de faible hauteur 35, 36 coopèrent avec le poussoir 30, le déplacement axial imposé à la tige de soupape 28 contre l'action de son ressort de rappel 32 est suffisant pour que la soupape 27 ouvre l'ouverture 17, provoquant la mise en liaison de la chambre à volume variable 16 avec la chambre de combustion 19; ce mouvement axial est toutefois insuffisant pour que le piston 33, organe mobile du dispositif d'obturation, découvre les lumières 24, de sorte que la communication entre la chambre de combustion 19 et la tubulure d'échappement 21 est toujours interrompue.

Ce n'est que lorsque la levée 34 de forte hauteur coopère avec le poussoir 30 que l'orifice 17 est ouvert simultanément au dispositif d'obturation, les lumières 24 étant libérées par le piston 33, et que la chambre à volume variable 16 est ainsi reliée à la tubulure d'échappement 21 par l'intermédiaire de la chambre de combustion 19.

De plus, le corps supérieur 12 de la culasse comporte également un conduit d'admission 40 communiquant avec la chambre de préchauffage 20 par un orifice 41 débouchant dans une jupe 42, coaxiale à l'ouverture 18 reliant la chambre de préchauffage 20 à la chambre à volume variable 16, et constituant l'organe fixe d'un dispositif d'obturation. Cette jupe 42 comporte une ou plusieurs lumières 43 communiquant avec la chambre de préchauffage 20.

Une soupape 44, coaxiale à l'ouverture 18, coopère avec un siège de cette ouverture pour séparer la chambre à volume variable 16 de la chambre de préchauffage 20, soupape dont la tige 45 s'étend au travers de la chambre de préchauffage 20, de la jupe 42, et est guidée dans le corps supérieur 12 de la culasse. L'extrémité supérieure de la tige 45 est solidaire d'un poussoir 46 qui coopère avec une came 47 solidaire de l'arbre à cames 15. Un ressort 48 prend appui sur le corps supérieur 12 de la culasse et le poussoir 46 pour maintenir la soupape 44 contre son siège en position de fermeture.

Un piston 49 coulisse de façon étanche dans la jupe 42 et l'ouverture 41 et constitue la partie mobile d'un dispositif d'obturation dont la jupe 42 constitue la partie fixe. Par un déplacement linéaire, le piston 49 obture, respectivement ouvre, les lumières 43 de manière à fermer, respectivement ouvrir, la communication entre la chambre de préchauffage 20 et la tubulure d'admission 40.

La came 47 comporte deux petites levées 50, 51 et une grande levée 52.

Lorsque les levées de faible hauteur 50, 51 coopèrent avec le poussoir 46, le déplacement axial de la tige de soupape 45 contre l'action de son ressort de rappel 48 est suffisant pour que la soupape 44 ouvre l'ouverture 18, provoquant la mise en liaison de la chambre à volume variable 16 avec la chambre de préchauffage 20; ce mouvement axial est toutefois insuffisant pour que le piston 49 découvre les lumières 43, de sorte que la liaison entre la chambre de préchauffage 20 et la tubulure d'admission est toujours interrompue.

Ce n'est que lorsque la levée 52 de plus forte hauteur coopère avec le poussoir 46 que l'orifice 18 est ouvert simultanément au dispositif d'obturation, les lumières 43 étant libérées par le piston 49, et la chambre à volume variable 16 est ainsi reliée à la tubulure d'admission 40 par l'intermédiaire de la chambre de préchauffage 20.

Dans une telle construction compacte et originale, les chambres de combustion 19 et de préchauffage 20 sont situées immédiatement au-dessus de la chambre à volume variable 16, et celle-ci ne peut être reliée aux tubulures d'échappement 21, respectivement d'admission 40, qu'au travers des chambres de combustion 19, respectivement de préchauffage 20. Cela assure, lors du fonctionnement, un

balayage complet des chambres de combustion 19 et de préchauffage 20, permettant une évacuation complète des gaz qui s'y trouvent, et donne un meilleur rendement du moteur.

Il faut noter que les surfaces arrière, tournées vers la chambre de combustion 19 et de préchauffage 20, des soupapes 27, 44 sont pratiquement égales aux surfaces inférieures des pistons correspondants 33, 49 de sorte que, quelle que soit la pression régnant dans la chambre de combustion 19, respectivement de préchauffage 20, aucune force due à ces pressions n'est communiquée aux soupapes. Ainsi, les effets exercés sur les poussoirs 30, 46 et les cames 31, 47, de même que la force des ressorts de rappel 28, 48 sont indépendants des pressions pouvant régner dans ces chambres 19, 20. Il en est de même des efforts transmis aux arbres à cames 14, 15.

Tout ou partie des soupapes 27, 44, de leurs tiges 28, 45 et des pistons 33, 49 de même que des jupes 23, 42 ou la culasse elle-même peuvent être réalisés en céramique.

Les figures 3 à 8 illustrent schématiquement les six temps du cycle de fonctionnement du moteur décrit.

La figure 3 représente l'admission d'air dans la chambre à volume variable 16. La grande levée 52 de la came 47 déplace à fond la soupape 44 et sa tige 45, donc le piston 49 également, et la chambre à volume variable 16, dont le volume augmente, est en liaison, par l'intermédiaire de la chambre de préchauffage 20, avec la tubulure d'admission 40. Pendant ce temps, la soupape 27 est sur son siège et le dispositif d'obturation 23, 24, 33 est fermé; la chambre de combustion 19, remplie d'air comprimé préchauffé (figure 8), est isolée et un carburant y est injecté par l'injecteur 25, et le mélange est enflammé.

Le piston 5 arrive en fin de course basse (figure 4), le poussoir 46 coopère avec la levée 51 de faible hauteur de sorte que l'ouverture 18 est encore ouverte, mais que le dispositif d'obturation 42, 43, 49 est fermé. Pendant la course ascendante du piston 5, l'air est refoulé et comprimé dans la chambre de préchauffage 20 qui est maintenant séparée de la tubulure d'admission 40.

Le piston 5 arrive en fin de course haute (figure 5), la soupape 44 et le dispositif d'obturation 42, 43, 49 sont fermés, tandis que le poussoir 30 est déplacé par la petite levée 35, provoquant l'ouverture de la soupape 27, le dispositif d'obturation 23, 24, 33 restant fermé. Les gaz de combustion s'échappant de la chambre de combustion refoulent le piston 5 vers le bas. C'est le premier temps actif, transmettant de la puissance au vilebrequin 10.

Le piston 5 arrive à nouveau en position basse (figure 6), le poussoir 30 coopère avec la grande levée 34 et la chambre à volume variable 16 est reliée à la tubulure d'échappement 21 par l'intermédiaire de la chambre de combustion 19. Pendant la course ascendante du piston 5, les gaz de combustion sont évacués.

Le piston 5 arrive à nouveau en position haute (figure 7), la soupape 27 et le dispositif d'obturation 23, 24, 33 sont fermés, tandis que le poussoir 46 coopère avec la levée de faible hauteur 51, provoquant l'ouverture de la soupape 44, mais le maintien en position fermée du dispositif d'obturation 42, 43, 49. L'air contenu dans la chambre de préchauffage 20, qui a été chauffé par échange thermique au travers de la paroi la séparant de la chambre de combustion 19 et dont la pression a ainsi augmenté, s'échappe dans la chambre à volume variable 16, provoquant la descente du piston 5. C'est le second temps actif, producteur de puissance, du cycle.

Le piston 5 arrive à nouveau en position basse (figure 8), la soupape 44 et le dispositif d'obturation 42, 43, 49 sont fermés, le poussoir 30 coopère avec la petite levée 36, de sorte que la soupape 27 est ouverte, mais que le dispositif d'obturation 23, 24, 33 reste fermé. Ainsi, pendant la course ascendante du piston 5, l'air préchauffé est comprimé dans la chambre de combustion 19.

Lorsque le piston 5 arrive de nouveau en position haute, on se retrouve dans la configuration illustrée à la figure 3.

Il faut noter que, durant ce cycle de fonctionnement, le flux d'air ou de mélange traverse deux fois l'ouverture 18 de la chambre de préchauffage 20 vers la chambre à volume variable 16 et une fois de cette chambre à volume variable 16 vers la chambre de préchauffage 20.

De même, le flux d'air ou de mélange traverse deux fois l'ouverture 17 de la chambre à volume variable 16 vers la chambre de combustion 19 et une fois, en sens inverse, de la chambre de combustion 19 vers la chambre à volume variable 16.

Le fait d'avoir un flux alterné balayant une même soupape ne se retrouve dans aucun moteur antérieur.

Dans une variante, on pourrait n'avoir qu'un seul arbre à cames commandant les poussoirs 30 et 46 par l'intermédiaire de culbuteurs.

Dans une autre forme d'exécution, le moteur pourrait comporter deux chambres de combustion comprenant chacune une soupape et un dispositif d'obturation, comme décrit précédemment. Dans ce cas, le cycle de fonctionnement comprend huit temps, les arbres à cames tournent quatre fois plus lentement que le vilebrequin 10.

Dans un tel cycle à huit temps, après l'échappement des gaz de combustion (figure 6), on intercale un nouveau temps d'expansion (figure 5) du gaz de combustion contenu dans la seconde chambre de combustion, suivi d'un deuxième temps d'échappement (figure 6) avant de passer au temps suivant (figure 7), qui est l'expansion de la chambre à volume variable 16 sous l'action de l'air chauffé dans la chambre de préchauffage 20.

Ce nouveau développement et cette nouvelle conception du moteur à six temps au moins, décrit dans le brevet US 4.513.568 et la demande de brevet européen publiée N° 0 104 541, sont particulièrement intéressants car, tout en permettant l'augmentation du rendement du moteur, sa réalisation peut se faire à l'aide des techniques et matériaux bien connus et éprouvés.

En effet, les mouvements relatifs entre les pistons 5 et leurs cylindres 4 sont des mouvements linéaires de va-et-vient, et l'étanchéité entre ces pièces est obtenue de façon courante à l'aide de segments racleurs et de segments d'étanchéité, technique extrêmement bien maîtrisée, puisqu'elle est utilisée dans tous les moteurs à combustion interne actuels.

De même, l'admission dans et l'échappement hors de la chambre à volume variable 16 s'effectuent à l'aide de soupapes commandées par un ou plusieurs arbres à cames, comme cela se fait traditionnellement dans les moteurs existants.

Enfin, les dispositifs d'obturation, assurant l'ouverture et la fermeture des liaisons entre la chambre de combustion 19 et la tubulure d'échappement 21, respectivement entre la chambre de préchauffage 20 et la tubulure d'admission 40, sont également constitués par des pistons coulissant linéairement dans des mouvements de va-et-vient, synchrones à ceux des soupapes dont ils sont solidaires, dans des jupes ou chemises.

Là également, l'étanchéité entre ces éléments est réalisée à l'aide de segments, et cette technique, largement utilisée à l'heure actuelle, est totalement dominée. Les problèmes découlant des hautes températures des gaz sont résolus par l'utilisation de pièces en céramique.

Le fait d'utiliser des cames à plusieurs levées, décalées les unes des autres de 60° à 120° environ, présentant deux hauteurs différentes, n'entraînent pas non plus de problèmes particuliers de réalisation.

Les problèmes techniques, et notamment le fait que la température du corps inférieur 11 de la culasse, contenant les chambres de combustion 19 et de préchauffage 20, peut atteindre des valeurs élevées sont également maîtrisés par l'utilisation de pièces en céramique qui ne nécessitent pas de lubrification et assurent une bonne isolation thermique.

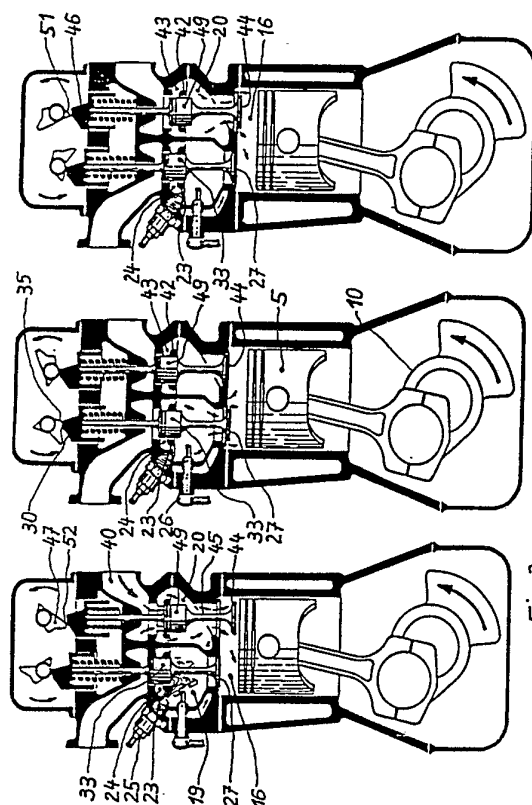


Fig. 7

Fig. 5

Fig. 3

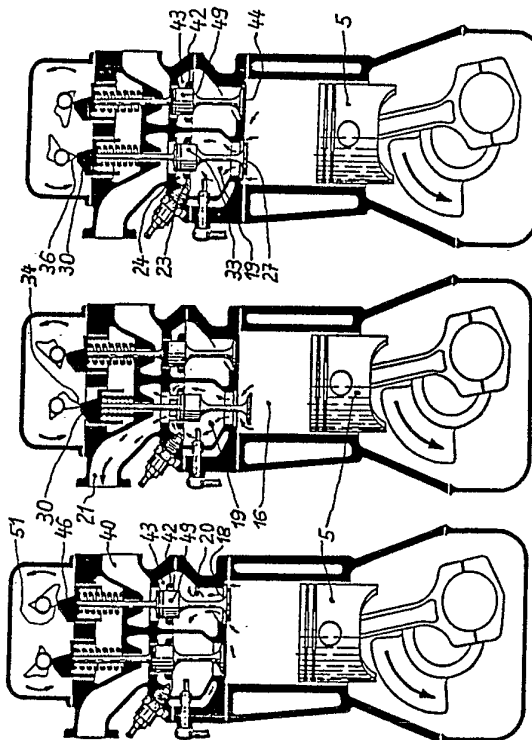


Fig. 8

Fig. 6

Fig. 4

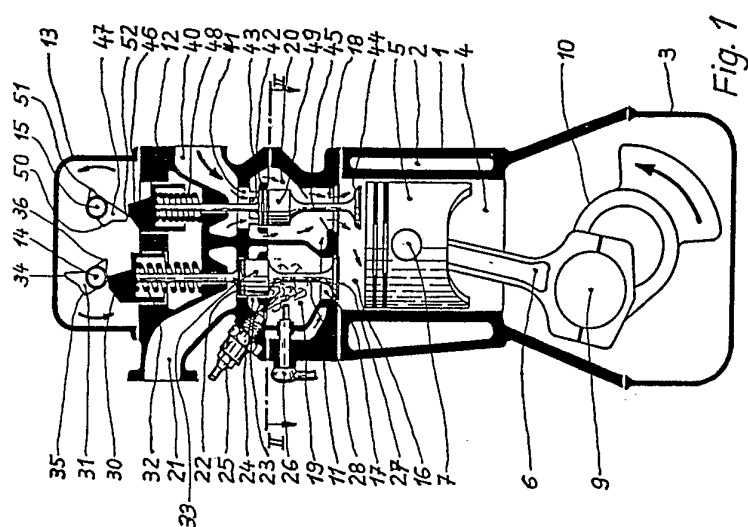


Fig. 1

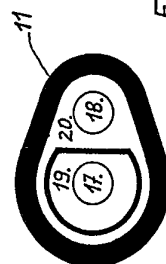


Fig. 2