

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239838**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **418544**

(22) Data zgłoszenia: **02.09.2016**

(51) Int.Cl.

F01B 9/02 (2006.01)

F02B 33/12 (2006.01)

(54) **Zespół cylindra silnika oraz zbudowany z jego wykorzystaniem przeciwbieżny silnik spalinowy**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
12.03.2018 BUP 06/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
17.01.2022 WUP 03/22

(73) Uprawniony z patentu:

**GAJ-JABŁOŃSKI WOJCIECH,
Krzeszowice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**WOJCIECH GAJ-JABŁOŃSKI,
Krzeszowice, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Henryk Bartodziej

PL 239838 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zespół cylindra silnika oraz zbudowany z jego wykorzystaniem przeciwbieżny silnik spalinowy, który przeznaczony jest do napędu pojazdów lądowych, powietrznych oraz wodnych, jak również różnego rodzaju maszyn roboczych.

Znany jest z publikacji polskiego zgłoszenia nr P.407365 silnik spalania wewnętrznego mający przymocowany do korpusu cylinder, który od spodu zamknięty jest przegrodą, natomiast pośrodku cylindra znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza oraz kanał wylotu spalin. W górnej ścianie cylindra oraz w przegrodzie umieszczone są parami wtryskiwacz paliwa i element zapłonowy w postaci świecy zapłonowej lub świecy żarowej. Pośrodku przegrody osadzone jest, odporne na wysokie temperatury, liniowe łożysko ślizgowe, które od spodu wyposażone jest w element uszczelniający. Poprzez liniowe łożysko ślizgowe wraz z elementem uszczelniającym przeprowadzony jest drążek popychacza w postaci stalowego szlifowanego wałka. Górny koniec tego wałka połączony jest sztywno z dwustronnym posuwisto-zwrotnym tłokiem, natomiast jego dolny koniec połączony jest wahliwie ze znajdującym się w skrzyni korbowej korbowodem. Drugi koniec korbowodu połączony jest obrotowo z wykorbieniem wału korbowego.

Znany jest również z opisu patentowego US 6854429 silnik spalinowy z tłokiem o dwustronnym działaniu, zawierający co najmniej jeden cylinder z umieszczonym wewnątrz podwójnym, symetrycznym tłokiem, który dzieli wolną przestrzeń cylindra na dwie komory spalania. Obustronne głowice zamykające cylindra wyposażone są w zawory dopływu paliwa i odprowadzania spalin oraz w element zapłonowy w postaci świecy zapłonowej lub żarowej. W podwójnym tłoku jest z jednej jego strony osadzony sztywno drążek popychacza, który przeprowadzony jest na zewnątrz cylindra poprzez uszczelniony otwór w przegrodzie, oddzielającej cylinder od korpusu silnika. Końcówka tego drążka połączona jest z jarzmem stabilizatora, a ten z kolei z jarzmem przekazu mocy, przy czym w miejscu połączenia obydwu tych jarzm przymocowane jest wahliwie ramię ogranicznika stabilizacyjnego, który drugą stroną związany jest z korpusem silnika. Jarzmo przekazu mocy swoją drugą stroną połączone jest z wałem korbowym, stanowiącym część zespołu korbowego, na którego jednym końcu jest koło zamachowe, a na drugim końcu jest koło rozrządu, połączone paskiem rozrządu z wałkiem rozrządu. System obiegu oleju w układzie smarowania polega na dostarczaniu oleju do przestrzeni utworzonej pomiędzy walcowym przewężeniem pośrodku tłoka a środkową częścią cylindra, skąd następnie olej przemieszczany jest do miski olejowej odpowiednim systemem kanalików, znajdujących się wewnątrz tłoka, oraz dalej rowkiem, umieszczonym w osi drążka tłoczyska. Osadzone na wałku rozrządu krzywki sterują odpowiednio poprzez popychacze zaworami głowic zamykających cylindra w sprzężeniu z pracą świec zapłonowych. Silnik pracuje w cyklu czterosuwowym naprzemiennie dla każdej z komór spalania co 180 stopni obrotu wału korbowego.

Znany jest poza tym z opisu zgłoszenia PCT wynalazku nr WO 01/81743 mechanizm korbowodowy w przeciwbieżnym silniku spalinowym, który ma umieszczone współosiowo dwie obracające się przeciwie względem siebie połówki wału korbowego, połączone każda z jednym z dwóch przeciwnych cylindrów. Synchronizacja ruchu obydwu połówek wału korbowego realizowana jest z wykorzystaniem wałka pomocniczego, na którego końcach umieszczone są odpowiednio dobrane koła zębate. Na jednej swej stronie wałek pomocniczy sprzęgnięty jest z jedną połówką wału korbowego z wykorzystaniem dwóch jednakowych kół walcowych, natomiast na drugiej stronie sprzęgnięty jest z drugą połówką wału korbowego za pośrednictwem przekładni, złożonej z trzech odpowiednio mniejszych kół walcowych, przy zachowaniu równoległości osi wałka pomocniczego do wspólnej osi połówek wału korbowego.

Ponadto znany jest z opisu zgłoszenia PCT wynalazku nr WO 98/49434 silnik spalania wewnętrznego, zgodnie z którym do odpowiednich komór silnika wprowadzana jest pod ciśnieniem para wodna, która następnie podlega w odpowiednich warunkach fizycznych z wykorzystaniem platyny rozdzielowi na wodór i tlen, które następnie wprowadza się do komory spalania silnika jako dodatek do tradycyjnej mieszanki paliwowej.

W znanych rozwiązaniach silników spalania wewnętrznego, ze względu na ich budowę, wykorzystuje się efekt rozprężania gazów procesu spalania mieszanki paliwowo-powietrznej do przemiany w energię mechaniczną. Proces spalania jest stosunkowo powolny i uzależniony od rodzaju paliwa i zawartości tlenu w mieszance paliwowo-powietrznej. Stąd też, aby uzyskać duże moce na wale korbowym, buduje się silniki wielocylindrowe. Wynika to z tego, że w jednym cylindrze o dużej pojemności jednoczesne zgromadzenie dużej ilości paliwa, wskutek ograniczonej prędkości spalania, doprowadzi do częściowego tylko spalania i wydalenie do atmosfery dużej ilości niedopalonej mieszanki paliwowej, co jest szkodliwe dla środowiska oraz nieuzasadnione ekonomicznie. Dlatego dla uzyskania dużych mocy, duże jednorazowe dawki dzieli się

na mniejsze porcje kierowane do wielu mniejszych cylindrów. Rozwiązaniem problemu byłoby spalanie detonacyjne paliwa, które przebiega w sposób gwałtowny, wyzwalając dużą energię w krótkim czasie. Jednakże w znanych dotąd konstrukcjach silników prowadzi to do ich destrukcji, lub co najmniej poważnych uszkodzeń. W skrajnych przypadkach, w szczególności przy eksplozji wodoru w atmosferze tlenu, może dojść do rozerwania bloku silnika. Dlatego nie stosuje się spalania detonacyjnego. W dotychczasowych silnikach spalania wewnętrznego zapłon mieszanki paliwowo-powietrznej musi nastąpić przed GMP, tak aby proces całkowitego spalania został w pełni wykorzystany, co ograniczone jest czasem przebiegu cyklu pracy silnika przy równocześnie stosunkowo powolnym procesie spalania. Sprężanie wstępne w silnikach benzynowych kształtuje się w przedziale 1 : 10 do 1 : 14, natomiast w silnikach wysokoprężnych w przedziale 1 : 19 do 1 : 23. Praca w takich silnikach oraz początek nacisku tłoka wymuszającego ruch obrotowy wału korbowego następuje w momencie, gdy ramię siły na wale korbowym jest najmniejsze, czyli gdy korbowód znajduje się okolicy GMP, i maleje wraz z uwolnieniem gazów procesu spalania, co następuje zazwyczaj przy 150°, a kończy najdalej 180° obrotu wału korbowego. Tak więc po rozprężeniu gazów procesu spalania energia ta radykalnie maleje przy około 150° obrotu wału korbowego, co prowadzi do braku nacisku na wał korbowy.

Celem wynalazku było opracowanie silnika spalinowego pozbawionego wskazanych ograniczeń, co uzyskano w konstrukcji zespołów cylindra silnika według wynalazku, umożliwiającego detonacyjne spalanie paliwa wodorowego.

Zespół cylindra silnika według wynalazku zawiera cylinder, który z jednej strony zamknięty jest głowicą, zaś od strony korpusu, zamknięty jest przegrodą z umieszczonym pośrodku niej liniowym łożyskiem ślizgowym przegrody.

Przez łożysko ślizgowe przegrody wyprowadzony jest na zewnątrz cylindra, połączony wahliwie z korbowodem, koniec drążka popychacza, przy czym wewnątrz cylindra, na tymże drążku popychacza, osadzony jest sztywno uszczelniony względem cylindra, tłok roboczy. Pośrodku cylindra znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza oraz kanał wylotu spalin. Ponadto w głowicy umieszczone są górny wtryskiwacz paliwa, górny wtryskiwacz pary wodnej oraz górny element zapłonowy, zaś w przegrodzie umieszczone są dolny wtryskiwacz paliwa, dolny wtryskiwacz pary wodnej oraz dolny element zapłonowy w postaci świecy iskrowej. Na odcinku drążka popychacza, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym a przegrodą, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego dolnego łożyska ślizgowego, uszczelniony względem cylindra, dolny tłok kompensacyjny. Pomiedzy tłokiem roboczym a dolnym tłokiem kompensacyjnym znajduje się, przylegająca do nich, dolna spiralna sprężyna. Dolny tłok kompensacyjny dzieli przestrzeń cylindra pomiędzy tłokiem roboczym a przegrodą na dolną komorę kompensacyjną i dolną komorę spalania. Na odcinku drążka popychacza, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym a głowicą, umieszczony jest, za pośrednictwem liniowego górnego łożyska ślizgowego, uszczelniony względem cylindra, górny tłok kompensacyjny. Pomiedzy tłokiem roboczym a górnym tłokiem kompensacyjnym znajduje się przylegająca do nich górna spiralna sprężyna. Górny tłok kompensacyjny dzieli przestrzeń cylindra pomiędzy tłokiem roboczym a głowicą na górną komorę kompensacyjną oraz górną komorę spalania. Dolny tłok kompensacyjny oraz górny tłok kompensacyjny mają korzystnie na całym swoim obwodzie rowek chłodzący, natomiast tłok roboczy ma korzystnie na całym swoim obwodzie rowek wentylacyjny.

Wtryskiwacze pary wodnej przyłączone są swoimi przewodami pary wodnej do przyporządkowanych im dwóch takich samych dozowników pary, które zasilane są z umieszczonego na rurze wydechowej generatora pary wodnej, zaopatrywanego w wodę ze zbiornika.

Przeciwbieżny silnik spalinowy według wynalazku zawiera mechanizm korbowodowy, z którym połączone są za pośrednictwem korpusu przeciwnie ukierunkowane dwa takie same zespoły cylindra. Mechanizm korbowodowy stanowi, umieszczony w korpusie, dwudzielny wał korbowy składający się z dwóch takich samych półwałków korbowych, każdy w postaci nieparzystej liczby, co najmniej trzech, usytuowanych wzajemnie współosiowo elementów korbowych, korzystnie w postaci walcowych tarcz. Elementy korbowe połączone są ze sobą na brzegach parą wałków obrotowych, przy czym wałki obrotowe jednej pary umieszczone są wobec siebie naprzemiennie, a ich osie leżą w określonej dla nich płaszczyźnie, przechodzącej przez wspólną oś obrotu elementów korbowych. Półwałki korbowe połączone są ze sobą obrotowo za pomocą łożyska dystansowego, a na ich wolne końce mają wyprowadzone wałki napędowe do przekazywania napędu. Mechanizm korbowy ma, w zależności od ilości posiadanych elementów korbowych, odpowiednią parzystą ilość jednakowych par korbowodów, z których każdy korbowód danej pary połączony jest jednym swym końcem obrotowo za pośrednictwem przyporządkowanego mu wałka obrotowego z jednym z półwałków korbowych. Drugie końce tej pary korbowodów połączone są wahliwie z jednym z dwóch poprzecznych wałków, z których każdy połączony jest sztywno z prostopałym do niego drążkiem popychacza jednego

z dwóch wzajemnie przeciwnie skierowanych zespołów cylindra. Każdy z zespołów cylindra zawiera przymocowany do korpusu cylinder, który z jednej strony zamknięty jest głowicą zaś od strony korpusu zamknięty jest przegrodą z umieszczonym pośrodku niej liniowym łożyskiem ślizgowym przegrody. Przez łożysko ślizgowe przegrody wyprowadzony jest na zewnątrz cylindra, połączony wahliwie z korbowodami, koniec drążka popychacza, przy czym wewnątrz cylindra na tymże drążku popychacza osadzony jest sztywno uszczelniony względem cylindra tłok roboczy. Pośrodku cylindra znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza oraz kanał wylotu spalin. Ponadto w głowicy umieszczone są górny wtryskiwacz paliwa, górny wtryskiwacz pary wodnej oraz górny element zapłonowy, zaś w przegrodzie umieszczone są dolny wtryskiwacz paliwa, dolny wtryskiwacz pary wodnej oraz dolny element zapłonowy. Na odcinku drążka popychacza, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym a przegrodą, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego dolnego łożyska ślizgowego, uszczelniony względem cylindra, dolny tłok kompensacyjny. Pomiedzy tłokiem roboczym a dolnym tłokiem kompensacyjnym znajduje się, przylegająca do nich, dolna spiralna sprężyna. Dolny tłok kompensacyjny dzieli przestrzeń cylindra pomiędzy tłokiem roboczym a przegrodą na dolną komorę kompensacyjną i dolną komorę spalania. Na odcinku drążka popychacza, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym a głowicą, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego górnego łożyska ślizgowego, uszczelniony względem cylindra, górny tłok kompensacyjny. Pomiedzy tłokiem roboczym a górnym tłokiem kompensacyjnym znajduje się przylegająca do nich górna spiralna sprężyna. Górny tłok kompensacyjny dzieli przestrzeń cylindra pomiędzy tłokiem roboczym a głowicą, na górną komorę kompensacyjną i górną komorę spalania. Dolny tłok kompensacyjny oraz górny tłok kompensacyjny mają na całym swoim obwodzie rowek chłodzący, natomiast tłok roboczy ma na całym swoim obwodzie rowek wentylacyjny. W głowicy umieszczone jest liniowe łożysko ślizgowe głowicy, przez które przechodzi niezwiązany z parą korbowodów koniec drążka popychacza, a na nim umieszczony jest magnes w postaci magnesu neodymowego, sprzężony indukcyjnie z otaczającą go zwojnicą tworzące razem generator prądu. Przyporządkowane każdemu z zespołów cylindrów wtryskiwacze pary wodnej przyłączone są swoimi przewodami pary wodnej do przyporządkowanego mu dozownika pary, który z kolei zasilany jest z umieszczonej na rurze wydechowej tegoż zespołu cylindra generatora pary wodnej, zaopatrywanego w wodę ze zbiornika.

Wynalazek został pokazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowy zespołu cylindra, natomiast fig. 2 – schemat ideowy silnika przeciwbieżnego zbudowanego w oparciu o zespół cylindra według wynalazku, natomiast fig. 3 przedstawia poglądowy rysunek dwudzielnego wału korbowego.

Zespół cylindra silnika zawiera cylinder 101, który z jednej strony zamknięty jest głowicą 102, zaś od strony korpusu 103, zamknięty jest przegrodą 104 z umieszczonym pośrodku niej liniowym łożyskiem ślizgowym przegrody 105. Korpus 103 zamyka przestrzeń skrzyni korbowej 103a, w której mieści się zaopatrzony w przeciwwagę wał korbowy 103b. Przez łożysko ślizgowe przegrody 105 wyprowadzony jest na zewnątrz cylindra 101, połączony wahliwie z korbowodem 106, koniec drążka popychacza 107, przy czym wewnątrz cylindra 101 na tymże drążku popychacza 107 osadzony jest sztywno uszczelniony względem cylindra 101 tłok roboczy 108. Pośrodku cylindra 101 znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza 109 oraz kanał wylotu spalin 110. Ponadto w głowicy 102 umieszczone są górny wtryskiwacz paliwa 111a, górny wtryskiwacz pary wodnej 112a oraz górna świeca zapłonowa 113a, zaś w przegrodzie 104 umieszczone są dolny wtryskiwacz paliwa 111b, dolny wtryskiwacz pary wodnej 112b oraz dolna świeca zapłonowa 113b. Na odcinku drążka popychacza 107, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym 108 a przegrodą 104, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego dolnego łożyska ślizgowego 114, uszczelniony względem cylindra 101, dolny tłok kompensacyjny 115. Pomiedzy tłokiem roboczym 108 a dolnym tłokiem kompensacyjnym 115 znajduje się, przylegająca do nich, dolna spiralna sprężyna 116. Dolny tłok kompensacyjny 115 dzieli przestrzeń cylindra 101 pomiędzy tłokiem roboczym 108 a przegrodą 104, na dolną komorę kompensacyjną 1KD oraz dolną komorę spalania 1SD. Na odcinku drążka popychacza 107, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym 108 a głowicą 102, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego górnego łożyska ślizgowego 117, uszczelniony względem cylindra 101, górny tłok kompensacyjny 118. Pomiedzy tłokiem roboczym 108 a górnym tłokiem kompensacyjnym 118 znajduje się przylegająca do nich górna spiralna sprężyna 119. Górny tłok kompensacyjny 118 dzieli przestrzeń cylindra 101 pomiędzy tłokiem roboczym 108 a głowicą 102, na górną komorę kompensacyjną 1KG i górną komorę spalania 1SG. Dolny tłok kompensacyjny 115 oraz górny tłok kompensacyjny 118 mają na całym swoim obwodzie rowek chłodzący 120, natomiast tłok roboczy 108 ma na całym swoim obwodzie rowek wentylacyjny 121. Wtryskiwacze pary wodnej 112a i 112b przyłączone są swoimi przewodami pary wodnej 122 do przyporządkowanych im dwóch takich samych dozowników pary 123, które zasilane są z umieszczonego na rurze wydechowej 124 generatora pary wodnej 125, zaopatrywanego w wodę ze zbiornika 126.

Działanie zespołu cylindra. Podczas wymuszonego suwu w kierunku głowicy 102 drążka popychacza 107, wraz z umieszczonym na nim zespołem tłoka roboczego 108, górnego tłoka kompensacyjnego 118 oraz dolnego tłoka kompensacyjnego 115 w chwili odcięcia przez górny tłok kompensacyjny 118 górnej komory spalania 1SG od kanału wlotu sprężonego powietrza 109 i kanału wylotu spalin 110, do przestrzeni górnej komory spalania 1SG zostaje dostarczone za pomocą górnego wtryskiwacza paliwa 111a, pod ciśnieniem mieszanka paliwowa w postaci mieszaniny gazowego wodoru z powietrzem. W trakcie dalszego ruchu w górę zespołu tłoków wzrasta ciśnienie w górnej komorze spalania 1SD, aż do momentu podejścia górnego tłoka kompensacyjnego 118 w pobliżu jego GMP. Tuż przed osiągnięciem przez zespół tłoków GMP w górnej komorze spalania 1SG, następuje zapłon mieszanki paliwowej od iskry górnej świecy zapłonowej 113a. Na skutek spalania wysokoenergetycznego wodoru temperatura w górnej komorze spalania 1SG osiąga wartość około 7000°C przy gwałtownym wzroście ciśnienia, wyższym niż temperatura i przyrost ciśnienia osiągane przy spalaniu tradycyjnych paliw, co jest szkodliwe dla żywotności wielu elementów silnika, w szczególności cylindrów i tłoków. W celu zapobieżenia temu zjawisku, tuż po zapłonie mieszanki paliwowej, do przestrzeni górnej komory spalania 1SG dostarczana jest niewielka ilość pary wodnej pod ciśnieniem za pomocą górnego wtryskiwacza pary wodnej 112a. Moment wtrysku oraz ilość pary regulowane są w przyporządkowanym temu wtryskiwaczowi dozownikowi pary 123, który zasilany jest z wykorzystującego ciepło rury wydechowej 124 generatora pary wodnej 125. Doprowadza to do schłodzenia spalanej mieszanki w górnej komorze spalania 1SG do temperatury około 3500°C, przy równoczesnym rozłożeniu wskutek wysokiej temperatury pary wodnej na tlen i wodór. Pojawienie się dodatkowej porcji uzyskanego w ten sposób paliwa powoduje jego samozapłon i zwiększenie ciśnienia w przestrzeni komory spalania 1SG. W trakcie opisanego procesu spalania w górnej komorze spalania 1SG następuje suw pracy górnego tłoka kompensacyjnego 118, oddziałującego za pośrednictwem górnej spiralnej sprężyny 119 na tłok roboczy 108, oraz równocześnie wejście, popychanego za pośrednictwem dolnej spiralnej sprężyny 116, dolnego tłoka kompensacyjnego 115 w fazę suwu sprężania w dolnej komorze spalania 1SD. Wysokie ciśnienie gazów, stanowiących produkt spalania wodoru w górnej komorze spalania 1SG, oddziałuje na tłok roboczy 108 za pośrednictwem ruchomego względem drążka popychacza 107 górnego tłoka kompensacyjnego 118 i umieszczonej między nimi górnej spiralnej sprężyny 119. W tym przypadku siła parcia spalin na górny tłok kompensacyjny 118 jest wyższa od siły sprężystości górnej spiralnej sprężyny 119, która ulega w trakcie przesuwu górnego tłoka kompensacyjnego 118 stopniowemu ugięciu, powodując częściową kompensację skokowego wzrostu siły parcia spalin na górny tłok kompensacyjny 118, a jej działanie wzmacnione jest siłą oddziaływania, utworzonej w górnej komorze kompensacyjnej 1KG, poduszki powietrznej pomiędzy górnym tłokiem kompensacyjnym 118 a tłokiem roboczym 108. Skutkuje to łagodniejszą reakcją tłoka roboczego 108 na detonacyjne procesy spalania wodoru w górnej komorze spalania 1SG i spokojne przeniesienie ruchu, połączonego sztywno z tłokiem roboczym 108, drążka popychacza 107 na wał korbowy 103b. W trakcie dalszego przemieszczania się zespołu tłoków wraz z drążkiem popychacza 107 w dół, w kierunku wału korbowego 103b, następuje najpierw odcięcie dolnej komory spalania 1SD od kanału wlotu sprężonego powietrza 109 oraz kanału wylotu spalin 110, a następnie do przestrzeni dolnej komory spalania 1SD zostaje dostarczona za pomocą dolnego wtryskiwacza paliwa 111a pod ciśnieniem mieszanka wodoru z powietrzem. Przemieszczający się zespół tłoków wraz z drążkiem popychacza 107 w dół, w kierunku wału korbowego 103b, powoduje najpierw odcięcie dolnej komory spalania 1SD od kanału wlotu sprężonego powietrza 109 oraz kanału wylotu spalin 110, a następnie dostarczenie do przestrzeni dolnej komory spalania 1SD za pomocą dolnego wtryskiwacza paliwa 111b pod ciśnieniem mieszanki wodoru z powietrzem. W trakcie dalszego ruchu w dół zespołu tłoków wzrasta ciśnienie w dolnej komorze spalania 1SD, aż do momentu podejścia dolnego tłoka kompensacyjnego 115 w pobliżu jego GMP. W tym samym czasie, w wyniku przemieszczenia się górnego tłoka kompensacyjnego 118 na pozycję DMP następuje połączenie górnej komory spalania 1SG z kanałem wlotu sprężonego powietrza 109 oraz kanałem wylotu spalin 110. Odbywa się wówczas przepłukanie sprężonym powietrzem górnej komory spalania 1SG i przygotowanie tej komory do nowego cyklu pracy. Tuż przed osiągnięciem przez zespół tłoków GMP w dolnej komorze spalania 1SD następuje zapłon mieszanki paliwowej od iskry dolnej świecy zapłonowej 113b, po czym do przestrzeni dolnej komory spalania 1SD dostarczana jest niewielka ilość pary wodnej pod ciśnieniem za pomocą dolnego wtryskiwacza pary wodnej 112b, co wywołuje skutki podobne jak w opisanym przypadku górnej komory spalania 1SG. Następuje zmiana na przeciwny kierunek ruchu drążka popychacza 107 wraz z zespołem tłoka roboczego 108, górnego tłoka kompensacyjnego 118 oraz dolnego tłoka kompensacyjnego 115. W dolnej komorze spalań 1SD odbywa się suw pracy dolnego tłoka kompensacyjnego 115, oddziałującego za pośrednictwem dolnej spiralnej sprężyny 116 na tłok roboczy 108, oraz równocześnie wejście, popychanego za pośrednictwem górnej spiralnej sprężyny 119, górnego tłoka kompensacyjnego 118 w fazę suwu sprężania

w górnej komorze spalania 1SG. W ten sposób zakończony zostaje pełny cykl jednego taktu pracy zespołu cylindra, w czasie którego odbywa się liniowy nawrotny posuw drążka popychacza 107. Dolny koniec drążka popychacza 107 wprowadzony jest do skrzyni korbowej 103 poprzez umieszczone w przegrodzie 104 szczelne łożysko ślizgowe przegrody 105, i poprzez korbowód 106 wprawia w ruch obrotowy wał korbowy 103b. Do kanału wlotu sprężonego powietrza 109 przyłączona jest, nie pokazana na rysunku, sprężarka powietrza, z której silny strumień powietrza kierowany jest w sposób ciągły poprzez cylinder 101 do kanału wylotu spalin 110. W zależności od chwilowego usytuowania w cylindrze 101 zespołu tłoka roboczego 108, górnego tłoka kompensacyjnego 118 oraz dolnego tłoka kompensacyjnego 115, powietrze to przepłukuje ze spalin i chłodzi jedną z komór spalania 1SG lub 1SD, albo w środkowym położeniu tłoka roboczego 108 chłodzi ten tłok, przepływając przez jego rowek wentylacyjny 121, albo też przepływając przez jedną z komór kompensacyjnych 1KG lub 1KD oraz rowki chłodzące 120 jednego z tłoków kompensacyjnych 115 lub 118, schładza poszczególne elementy zespołu tłoków.

Przeciwbieżny silnik spalinowy zawiera mechanizm korbowodowy 201, z którym połączone są, za pośrednictwem korpusu 202, przeciwnie ukierunkowane dwa takie same zespoły cylindra 203a i 203b. Mechanizm korbowodowy 201 stanowi, umieszczony w korpusie 202, dwudzielny wał korbowy 204, składający się z dwóch takich samych półwałków korbowych 205a i 205b, każdy mający trzy, usytuowane wzajemnie współosiowo elementy korbowe 206 w postaci walcowych tarcz, które połączone są ze sobą na brzegach parą wałków obrotowych 207, przy czym wałki obrotowe 207 jednej pary umieszczone są wobec siebie naprzemiennie, a ich osie leżą w określonej dla nich płaszczyźnie, przechodzącej przez wspólną oś obrotu elementów korbowych 206. Półwałki korbowe 205a i 205b połączone są ze sobą obrotowo za pomocą łożyska dystansowego 208, a ich wolne końce mają wyprowadzone na zewnątrz korpusu wałki napędowe 209a i 209b do przekazywania napędu. Mechanizm korbowy 201 ma dwie jednakowe pary korbowodów 210a i 210b, z których każdy korbowód 210a i 210b danej pary połączony jest jednym swym końcem obrotowo, za pośrednictwem przyporządkowanego mu wałka obrotowego 207 z jednym z półwałków korbowych 205a i 205b wału korbowego 204. Drugie końce pary korbowodów 210a i 210b połączone są wahliwie z jednym z dwóch poprzecznych wałków 211, z których każdy połączony jest sztywno z prostopadłym do niego drążkiem popychacza 212 jednego z dwóch przeciwnie skierowanych zespołów cylindra 213a i 213b. Każdy z zespołów cylindra 213a i 213b zawiera przymocowany do korpusu 202 cylinder 214, który z jednej strony zamknięty jest głowicą 215, zaś od strony korpusu 202 zamknięty jest przegrodą 216, z umieszczonym pośrodku niej liniowym łożyskiem ślizgowym przegrody 217. Przez łożysko ślizgowe przegrody 217 wprowadzony jest na zewnątrz cylindra 214, połączony wahliwie z korbowodami 210a i 210b, koniec drążka popychacza 212, przy czym wewnątrz cylindra 214 na tymże drążku popychacza 212 osadzony jest sztywno uszczelniony względem cylindra 214 tłok roboczy 218. Pośrodku cylindra 214 znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza 219 oraz kanał wylotu spalin 220. Ponadto w głowicy 215 umieszczone są górny wtryskiwacz paliwa 221a, górny wtryskiwacz pary wodnej 222a oraz górny element zapłonowy 223a w postaci świecy iskrowej, zaś w przegrodzie 216 umieszczone są dolny wtryskiwacz paliwa 221b, dolny wtryskiwacz pary wodnej 222b oraz dolny element zapłonowy 223b w postaci świecy iskrowej. Na odcinku drążka popychacza 212, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym 218 a przegrodą 216, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego dolnego łożyska ślizgowego 224, uszczelniony względem cylindra 214, dolny tłok kompensacyjny 225. Pomiedzy tłokiem roboczym a dolnym tłokiem kompensacyjnym 225 znajduje się, przylegająca do nich, dolna spiralna sprężyna 226. Dolny tłok kompensacyjny 225 dzieli przestrzeń cylindra 214 pomiędzy tłokiem roboczym 218 a przegrodą 216 na dolną komorę kompensacyjną 2KD oraz dolną komorę spalania 2SD. Na odcinku drążka popychacza 212, znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym 218 a głowicą 215, umieszczony jest za pośrednictwem liniowego górnego łożyska ślizgowego 227, uszczelniony względem cylindra 214, górny tłok kompensacyjny 228. Pomiedzy tłokiem roboczym 218 a górnym tłokiem kompensacyjnym 228 znajduje się przylegająca do nich górna spiralna sprężyna 229. Górny tłok kompensacyjny 228 dzieli przestrzeń cylindra 214 pomiędzy tłokiem roboczym 218 a głowicą 215, na górną komorę kompensacyjną 2KG i górną komorę spalania 2SG. Dolny tłok kompensacyjny 225 oraz górny tłok kompensacyjny 228 mają na całym swoim obwodzie rowek chłodzący 230, natomiast tłok roboczy 218 ma na całym swoim obwodzie rowek wentylacyjny 231. W głowicy 215 umieszczone jest liniowe łożysko ślizgowe głowicy 232, przez które przechodzi niezwiązany z parą korbowodów 210a i 210b koniec drążka popychacza 212, a na nim umieszczony jest magnes 233 w postaci magnesu neodymowego, sprzężony indukcyjnie z otaczającą go zwojnicą 234, tworzące razem generator prądu 235. Przyporządkowane każdemu z zespołów cylindrów 213a i 213b górny wtryskiwacz pary wodnej 222a oraz dolny wtryskiwacz pary wodnej 222b

przyłączone są swoimi przewodami pary wodnej 236 do urządzenia dozującego parę wodną 237, które z kolei zasilane jest z zamontowanej na rurze wydechowej 238 tegoż zespołu cylindra generatora-pary wodnej 239, zaopatrywanego w wodę ze zbiornika 240.

Działanie przeciwbieżnego silnika spalinowego w jego poszczególnych fazach pracy jest identyczne w odniesieniu do obydwu sprzężonych ze sobą poprzez mechanizm korbowodowy 201, takich samych, ukierunkowanych wzajemnie przeciwnie, zespołów, cylindra 203a i 203b. Stąd też dla uproszczenia opisu wystarczające jest szczegółowe omówienie pracy jednego tylko zespołu cylindra 203a w powiązaniu z działaniem mechanizmu korbowodowego 201, przy uwzględnieniu jednakże obecności drugiego zespołu cylindra 203b, stanowiącego dopełnienie całości konstrukcji silnika przeciwbieżnego. W czasie wymuszonego suwu w kierunku głowicy 215 drążka popychacza 212 wraz z umieszczonym na nim zespołem tłoka roboczego 218 górnego tłoka kompensacyjnego 228 oraz dolnego tłoka kompensacyjnego 225, w chwili odcięcia przez górny tłok kompensacyjny 228 górnej komory spalania 2SG od kanału wlotu sprężonego powietrza 219 i kanału wylotu spalin 220, do przestrzeni górnej komory spalania 2SG zostaje dostarczona, za pomocą górnego wtryskiwacza paliwa 221a, pod ciśnieniem mieszanka paliwowa w postaci mieszaniny gazowego wodoru z powietrzem. W trakcie dalszego ruchu w górę zespołu tłoków wzrasta ciśnienie w górnej komorze spalania 2SG, aż do momentu podejścia górnego tłoka kompensacyjnego 228 w pobliże jego GMP. Tuż przed osiągnięciem przez zespół tłoków GMP w górnej komorze spalania 2SG, następuje zapłon mieszanki paliwowej od iskry górnej świecy zapłonowej 223a. Na skutek spalania wysokoenergetycznego wodoru, temperatura w górnej komorze spalania 2SG osiąga wartość około 7000°C przy gwałtownym wzroście ciśnienia, wyższym niż temperatura i przyrost ciśnienie osiągane przy spalaniu tradycyjnych paliw, co jest szkodliwe dla żywotności wielu elementów silnika, w szczególności cylindrów i tłoków. W celu zapobieżenia temu zjawisku, tuż po zapłonie mieszanki paliwowej, do przestrzeni górnej komory spalania 2SG dostarczana jest niewielka ilość pary wodnej pod ciśnieniem za pomocą górnego wtryskiwacza pary wodnej 222a. Moment wtrysku oraz ilość pary regulowane są w przyporządkowanym mu urządzeniu dozującemu parę wodną 237, który zasilany jest z wykorzystującego ciepło rury wydechowej 237 generatora pary wodnej 238. Doprowadza to do schłodzenia spalanej mieszanki w górnej komorze, spalania 2SG do temperatury około 3500°C, przy równoczesnym rozłożeniu wskutek wysokiej temperatury pary wodnej na tlen i wodór. Pojawienie się dodatkowej porcji uzyskanego w ten sposób paliwa powoduje jego samozapłon i zwiększenie ciśnienia w przestrzeni tej komory spalania 2SG.

W trakcie opisanego procesu spalania w górnej komorze spalania 2SG następuje suw pracy górnego tłoka kompensacyjnego 228, oddziałującego za pośrednictwem górnej spiralnej sprężyny 229 na tłok roboczy 218, oraz równocześnie wejście, popychanego za pośrednictwem dolnej spiralnej sprężyny 226, dolnego tłoka kompensacyjnego 225 w fazę suwu sprężania w dolnej komorze spalania 2SD. Wysokie ciśnienie gazów, stanowiących produkt spalania wodoru w górnej komorze spalania 2SG, oddziałuje na tłok roboczy 218 za pośrednictwem ruchomego względem drążka popychacza 212 górnego tłoka kompensacyjnego 228 i mieszczony między nimi górnej spiralnej sprężyny 229. W tym przypadku siła parcia spalin na górny tłok kompensacyjny 228 jest większa od siły sprężystości górnej spiralnej sprężyny 229, która ulega w trakcie przesuwu górnego tłoka kompensacyjnego 228 stopniowemu ugięciu, powodując częściową kompensację skokowego wzrostu siły parcia spalin na górny tłok kompensacyjny 228, a jej działanie wzmocnione jest siłą oddziaływania, utworzonej w górnej komorze kompensacyjnej 2KG, poduszki powietrznej pomiędzy górnym tłokiem kompensacyjnym 228 a tłokiem roboczym 218. Skutkuje to łagodniejszą reakcją tłoka roboczego 218 na detonacyjne procesy spalania wodoru w górnej komorze spalania 2SG i spokojne przeniesienie ruchu, połączonego sztywno z tłokiem roboczym 218, drążka popychacza 212 na wał korbowy 204. Przemieszczający się zespół tłoków wraz z drążkiem popychacza 212 w dół, w kierunku wału korbowego 204, powoduje najpierw odcięcie dolnej komory spalania 2SD od kanału wlotu sprężonego powietrza 219 oraz kanału wylotu spalin 220, a następnie dostarczenie do przestrzeni dolnej komory spalania 2SD za pomocą dolnego wtryskiwacza paliwa 221b pod ciśnieniem mieszanki wodoru z powietrzem. W trakcie dalszego ruchu w dół zespołu tłoków wzrasta ciśnienie w dolnej komorze spalania 2SD, aż do momentu podejścia dolnego tłoka kompensacyjnego 225 w pobliże jego GMP. W tym samym czasie, w wyniku przemieszczenia się górnego tłoka kompensacyjnego 228 na pozycję DMP, następuje połączenie górnej komory spalania 2SG z kanałem wlotu sprężonego powietrza 219 oraz kanałem wylotu spalin 220. Odbywa się wówczas przepłukanie sprężonym powietrzem górnej komory spalania 2SG i przygotowanie tej komory do nowego cyklu pracy. Tuż przed osiągnięciem przez zespół tłoków GMP w dolnej komorze spalania 2SD następuje zapłon mieszanki paliwowej od iskry dolnej świecy zapłonowej 223b, po czym do przestrzeni dolnej komory spalania 2SD dostarczana jest niewielka ilość pary wodnej pod ciśnieniem za pomocą dolnego wtryskiwacza pary wodnej 222b, co wywołuje skutki podobne jak w opisanym przypadku górnej komory spalania 2SG. Następuje

zmiana na przeciwny kierunek ruchu drążka popychacza 212 wraz z zespołem tłoka roboczego 218, górnego tłoka kompensacyjnego 228 oraz dolnego tłoka kompensacyjnego 225. W dolnej komorze spalania 2SD następuje suw pracy dolnego tłoka kompensacyjnego 225, oddziałującego za pośrednictwem dolnej spiralnej sprężyny 226 na tłok roboczy 218, oraz równocześnie wejście, popychanego za pośrednictwem górnej spiralnej sprężyny 229, górnego tłoka kompensacyjnego 228, w fazę suwu sprężania w górnej komorze spalania 2SG. W ten sposób zakończony zostaje pełny cykl jednego taktu pracy zespołu cylindra, w czasie którego odbywa się liniowy nawrotny posuw drążka popychacza 212. Dolny koniec drążka popychacza 212 wprowadzony jest do wnętrza korpusu 202 poprzez umieszczone w przegrodzie 216 szczelne łożysko ślizgowe przegrody 217, a dalej za pośrednictwem poprzecznego wałka 211 oraz pary korbowodów 210a i 210b wprawia w ruch obrotowy dwudzielny wał korbowy 204. W stanie początkowym pracy silnika, po uruchomieniu wału korbowego 204 za pomocą zewnętrznego rozrusznika, każdemu z półwałków korbowych 205a oraz 205b, które połączone są ze sobą za pośrednictwem łożyska dystansowego 208, nadany jest wstępnie wzajemnie różny kierunek obrotów, synchronizujący przeciwbieźny ruch tłoków w obydwóch zespołach cylindra 213a i 213b. Przykładowo, w pierwszej fazie suwu tłoków w kierunku przegród 216, każdy z drążków popychacza 212 obydwóch zespołów cylindra 213a i 213b, napiera równocześnie poprzez poprzeczny wałek 211 na korbowód 210a oraz na korbowód 210b, powodując wychylenie i ruch posuwisty końca korbowodu 210a w jednym kierunku, zaś końca korbowodu 210b w kierunku przeciwnym. Podobnie w drugiej fazie suwu tłoków w kierunku głowic 215, drążki popychacza 212 poprzez poprzeczny wałek 211 ciągną w górę korbowody 210a i 210b, których końce kontynuują ruch okrężny wokół osi wału korbowego 204.

Ruchy te przekształcone zostają następnie na odpowiednio przeciwnie ukierunkowane ruchy obrotowe elementów korbowych 206 obydwóch półwałków korbowych 205a i 205b wraz z przeciwnie wyprowadzonymi wałkami napędowymi 209a oraz 209b. Przepłukiwanie ze spalin i chłodzenie zespołów cylindrów 213a i 213b odbywa się za pomocą, nie pokazanej na rysunku, zewnętrznej sprężarki powietrza. Do kanału wlotu sprężonego powietrza 219 podawany jest w sposób ciągły silny strumień powietrza, który kierowany jest następnie poprzez cylinder 214 do kanału wylotu spalin 220. W zależności od chwilowego usytuowania w cylindrze 214 zespołu tłoka roboczego 218, górnego tłoka kompensacyjnego 228 oraz dolnego tłoka kompensacyjnego 225, powietrze to przepłukuje ze spalin i chłodzi jedną z komór spalania 2SG lub 2SD, albo w środkowym położeniu tłoka roboczego 218 chłodzi ten tłok, przepływając przez jego rowek wentylacyjny 231, albo też przepływając przez jedną z komór kompensacyjnych 2KG lub 2KD oraz rowki chłodzące 230 jednego z tłoków kompensacyjnych 225 lub 228, schładza poszczególne elementy zespołu tłoków. Podstawowym zadaniem generatora prądu 235, składającego się z umieszczonego na końcu popychacza 212 magnesu neodymowego 233 indukcyjnie sprzężonego ze zwojnicą 234, jest zasilanie prądem elektrycznym, nie pokazanego na rysunku generatora HHO, jako uzupełniającego źródła wodoru. Ponadto, z uwagi na przemienny przebieg otrzymywanego napięcia na wyjściu generatora prądu 235, przebieg ten może być wykorzystany do formowania impulsów synchronizujących zapłon silnika oraz wtrysk paliwa i pary wodnej do komór spalania 2SD i 2SG.

Konstrukcje silników opartych o rozwiązania według wynalazku cechują się relatywnie dużą mocą w odniesieniu do ich wagi. Wiąże się to z prostą bezzaworową budową cylindra oraz zastosowanym zespołem trzech tłoków, umożliwiającym detonacyjne spalanie wysokoenergetycznego paliwa, zwłaszcza wodoru. Dzięki tym właściwościom, nadają się w szczególności do stosowania do napędu małych statków powietrznych, takich jak awionetki, motolotnie oraz drony powietrzne. Natomiast przeciwbieźny silnik według wynalazku, poza wymienionymi korzystnymi właściwościami w odniesieniu do mocy, dzięki dwóm przeciwbieźnym wałkom napędowym, wykorzystujący przy tym prosty bezprzekładniowy mechanizm korbowodowy, może mieć zastosowanie w szczególności w śmigłowcach dwuwirnikowych. W tym przypadku możliwe jest zamocowanie wirników bezpośrednio na dwóch wałkach przeciwbieźnych elementów korbowych, wskutek czego wyeliminowany zostaje moment żyroskopowy wirników.

Wykaz oznaczeń

I Zespół cylindra silnika	
101	cylinder
102	głowica
103	korpus
103a	skrzynia korbowa
103b	wał korbowy
104	przegroda

105	łożysko ślizgowe przegrody
106	korbowód
107	drążek popychacza
108	tłok roboczy
109	kanał wlotu sprężonego powietrza
110	kanał wylotu spalin
111a	górný wtryskiwacz paliwa
111b	dolny wtryskiwacz paliwa
112a	górný wtryskiwacz pary wodnej
112b	dolny wtryskiwacz pary wodnej
113a	górná świeca zapłonowa
113b	dolna świeca zapłonowa
114	dolne łożysko ślizgowe
115	dolny tłok kompensacyjny
116	dolna spiralna sprężyna
117	górné łożysko ślizgowe
118	górný tłok kompensacyjny
119	górná spiralna sprężyna
120	rowek chłodzący
121	rowek wentylacyjny
122	przewód pary wodnej
123	dozownik pary
124	rura wydechowa
125	generator pary wodnej
126	zbiornik
1KD	dolna komora kompensacyjna
1KG	górná komora kompensacyjna
1SD	dolna komora spalania
1SG	górná komora spalania

II Przeciwbieżny silnik spalinowy

201	mechanizm korbowodowy
202	korpus
203a	zespół cylindra
203b	zespół cylindra
204	wał korbowy
205a	półwałek korbowy
205b	półwałek korbowy
206	element korbowy
207	wałek obrotowy
208	łożysko dystansowe
209a	wałek napędowy
209b	wałek napędowy
210a	korbowód
210b	korbowód
211	poprzeczny wałek
212	drążek popychacza
213a	zespół cylindra
213b	zespół cylindra
214	cylinder
215	głowica
216	przegroda
217	łożysko ślizgowe przegrody
218	tłok roboczy
219	kanał wlotu sprężonego powietrza
220	kanał wylotu spalin

221a	górný wtryskiwacz paliwa
221b	dolny wtryskiwacz paliwa
222a	górný wtryskiwacz pary wodnej
222b	dolny wtryskiwacz pary wodnej
223a	górná świeca zapłonowa
223b	dolna świeca zapłonowa
224	dolne łożysko liniowe
225	dolny tłok kompensacyjny
226	dolna spiralna sprężyna
227	górné łożysko ślizgowe
228	górný tłok kompensacyjny
229	górná spiralna sprężyna
230	rowek chłodzący
231	rowek wentylacyjny
232	łożysko ślizgowe głowicy
233	magnes
234	zwojnica
235	generator prądu
236	przewód pary wodnej
237	urządzenie dozujące parę wodną
238	rura wydechowa
239	generator pary wodnej
240	zbiornik
2KD	dolna komora kompensacyjna
2KG	górná komora-kompensacyjna
2SD	dolna komora spalania
2SG	górná komora spalania

Zastrzeżenia patentowe

1. Zespół cylindra sinika zawierający cylinder z dwoma komorami spalania, zamknięty z jednej strony głowicą, zaś z drugiej strony, przymocowanej do korpusu silnika, przegrodą, z umieszczonym pośrodku niej liniowym łożyskiem ślizgowym przegrody, przez który wyprowadzony jest na zewnątrz, połączony wahliwie z korbowodem, koniec drążka popychacza, przy czym wewnątrz cylindra na tymże drążku popychacza osadzony jest sztywno, uszczelniony względem cylindra, tłok roboczy, zaś pośrodku cylindra znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza oraz kanał wylotu spalin, ponadto w głowicy oraz w przegrodzie umieszczone są wtryskiwacz paliwa, wtryskiwacz pary wodnej oraz element zapłonowy, **znamienny tym**, że na odcinku drążka popychacza (107), znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym (108) a przegrodą (104), umieszczony jest za pośrednictwem liniowego dolnego łożyska ślizgowego (114), uszczelniony względem cylindra (101), dolny tłok kompensacyjny (115), nadto pomiędzy tłokiem roboczym (108) a dolnym tłokiem kompensacyjnym (115) znajduje się, przylegająca do nich dolna spiralna sprężyna (116), przy czym dolny tłok kompensacyjny (115) dzieli przestrzeń cylindra (101) pomiędzy tłokiem roboczym (108) a przegrodą (104) na dolną komorę kompensacyjną (1KD) i dolną komorę spalania (1SD), poza tym na odcinku drążka popychacza (107), znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym (108) a głowicą (102), umieszczony jest za pośrednictwem liniowego górnego łożyska ślizgowego (117), uszczelniony względem cylindra (101), górný tłok kompensacyjny (118), nadto pomiędzy tłokiem roboczym (108) a górnym tłokiem kompensacyjnym (118) znajduje się przylegająca do nich górná spiralna sprężyna (119), przy czym górný tłok kompensacyjny (118) dzieli przestrzeń cylindra (101) pomiędzy tłokiem roboczym (108) a głowicą (102) na górná komorę kompensacyjną (1KG) i górná komorę spalania (1SG), ponadto korzystnie dolny tłok kompensacyjny (115) oraz górný tłok kompensacyjny (118) mają na całym swoim obwodzie rowek chłodzący (120), natomiast tłok roboczy (108) ma korzystnie na całym swoim obwodzie rowek wentylacyjny (121).

2. Zespół cylindra silnika według zastrz. 1, **znamienny tym**, że górny wtryskiwacz pary wodnej (112a) i dolny wtryskiwacz pary wodnej (112b) przyłączone są swoimi przewodami pary wodnej (122) do przyporządkowanych im dwóch dozowników pary (123), które zasilane są z umieszczonego na rurze wydechowej (124) cylindra (101) generatora pary wodnej (125), zaopatrywanego w wodę ze zbiornika (126).
3. Przeciwbieżny silnik spalinowy zawierający mechanizm korbowodowy z wyprowadzonymi wzdłuż wspólnej osi obrotu dwoma końcami wału korbowego o przeciwnych kierunkach obrotu, z którym połączone są przeciwnie ukierunkowane dwa zespoły cylindra, każdy zawierający cylinder z dwoma komorami spalania, zamknięty z jednej strony głowicą, zaś z drugiej strony, przymocowanej do korpusu silnika, przegrodą, z umieszczonym pośrodku niej liniowym łożyskiem ślizgowym przegrody, przez który wyprowadzony jest na zewnątrz, połączony wahliwie z korbowodem, koniec drążka popychacza, przy czym wewnątrz cylindra na tymże drążku popychacza osadzony jest sztywno uszczelniony względem cylindra tłok roboczy, zaś pośrodku cylindra znajdują się kanał wlotu sprężonego powietrza oraz kanał wylotu spalin, ponadto w głowicy oraz w przegrodzie umieszczone są wtryskiwacz paliwa, wtryskiwacz pary wodnej oraz element zapłonowy, **znamienny tym**, że mechanizm korbowodowy (201) stanowi, umieszczony w korpusie (202), dwudzielny wał korbowy (204) składający się z dwóch takich samych półwałków korbowych (205a) i (205b), każdy w postaci nieparzystej liczby, co najmniej trzech, usytuowanych wzajemnie współosiowo elementów korbowych (206), korzystnie w postaci walcowych tarcz, które połączone są ze sobą na brzegach parą wałków obrotowych (207), przy czym wałki obrotowe (207) jednej pary umieszczone są wobec siebie naprzemiennie, a ich osie leżą w określonej dla nich płaszczyźnie, przechodzącej przez wspólną oś obrotu elementów korbowych (206), zaś półwałki korbowe (205a) i (205b) połączone są ze sobą obrotowo za pomocą łożyska dystansowego (208), a na ich wolne końce mają wyprowadzone wałki napędowe (209a) i (209b) do przekazywania napędu, ponadto mechanizm korbowy (201) ma, w zależności od ilości posiadanych elementów korbowych (206), odpowiednią parzystą ilość jednakowych par korbowodów (210a) i (210b), z których każdy korbowod (210a) i (210b) danej pary połączony jest jednym swym końcem obrotowo za pośrednictwem przyporządkowanego mu wałka obrotowego (207) z jednym z półwałków korbowych (205a) i (205b) wału korbowego (204), natomiast drugie końce tej pary korbowodów połączone są wahliwie z jednym z dwóch poprzecznych wałków (211), z których każdy połączony jest sztywno z prostym do niego drążkiem popychacza (212) jednego z dwóch przeciwnie skierowanych zespołów cylindra (213a) i (213b), przy czym w każdym z zespołów cylindra (213a) i (213b) na odcinku drążka popychacza (212), znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym (218) a przegrodą (216), umieszczony jest za pośrednictwem liniowego dolnego łożyska ślizgowego (224), uszczelniony względem cylindra (214), dolny tłok kompensacyjny (225), nadto pomiędzy tłokiem roboczym (218) a dolnym tłokiem kompensacyjnym (225) znajduje się przylegająca do nich dolna spiralna sprężyna (226), przy czym tłok kompensacyjny dolny (225) dzieli przestrzeń cylindra (214) pomiędzy tłokiem roboczym (218) a przegrodą (216) każdego zespołu cylindra (213a) i (213b), na dolną komorę kompensacyjną (2KD) i dolną komorę spalania (2SD), poza tym na odcinku drążki popychacza (212), znajdującym się pomiędzy tłokiem roboczym (218) a głowicą (215), umieszczony jest za pośrednictwem liniowego górnego łożyska ślizgowego (227), uszczelniony względem cylindra (214), górny tłok kompensacyjny (228), nadto pomiędzy tłokiem roboczym (218) a górnym tłokiem kompensacyjnym (228) znajduje się przylegająca do nich górna spiralna sprężyna (229), przy czym górny tłok kompensacyjny (228) dzieli przestrzeń cylindra (214) pomiędzy tłokiem roboczym (218) a głowicą (215) każdego zespołu cylindra (213a) i (213b) na górną komorę kompensacyjną (2KG) i górną komorę spalania (2SG), ponadto korzystnie dolny tłok kompensacyjny (225) oraz górny tłok kompensacyjny (228) mają na całym swoim obwodzie rowek chłodzący (229), natomiast tłok roboczy (218) ma korzystnie na całym swoim obwodzie rowek wentylacyjny (230).
4. Przeciwbieżny silnik według zastrz. 3, **znamienny tym**, że górny wtryskiwacz pary wodnej pary wodnej (222a) i dolny wtryskiwacz pary wodnej pary wodnej (222b), przyporządkowane każdemu z zespołów cylindrów (213a) i (213b), przyłączone są swoimi przewodami pary wod-

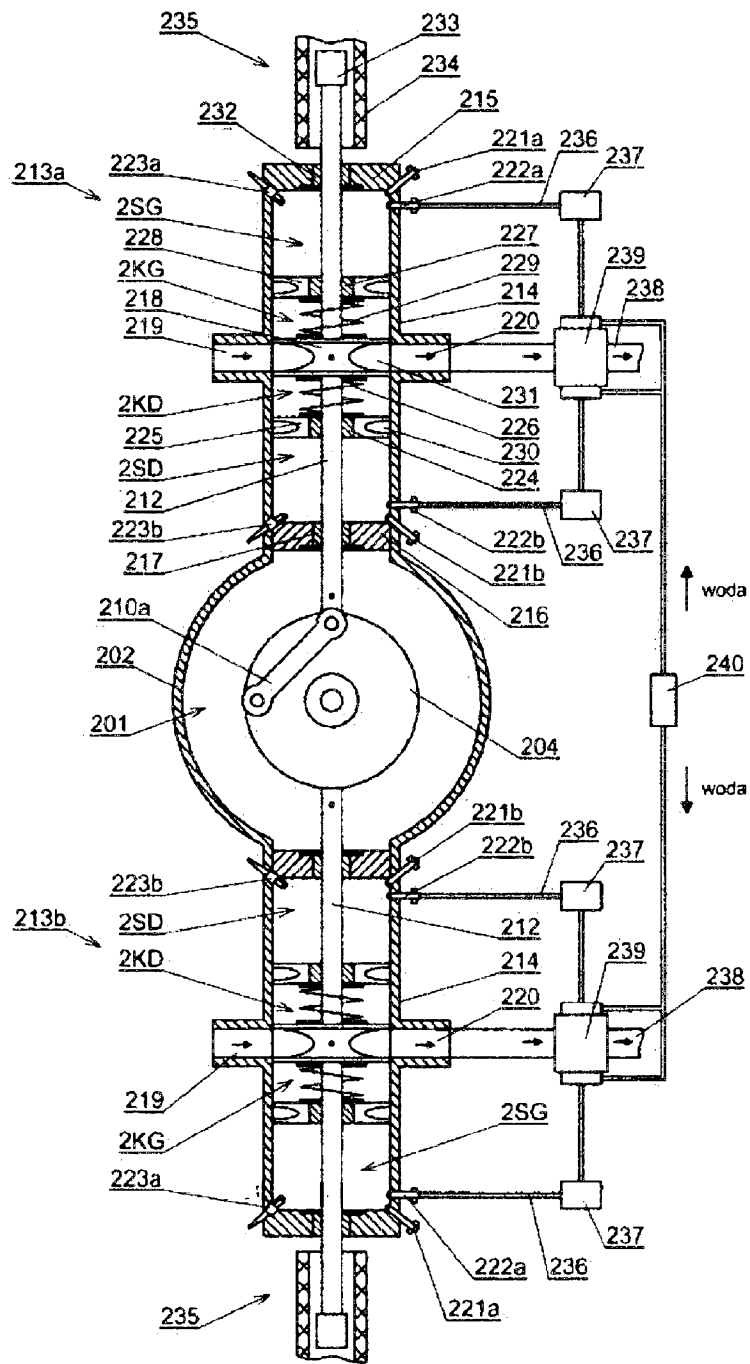


Fig.2

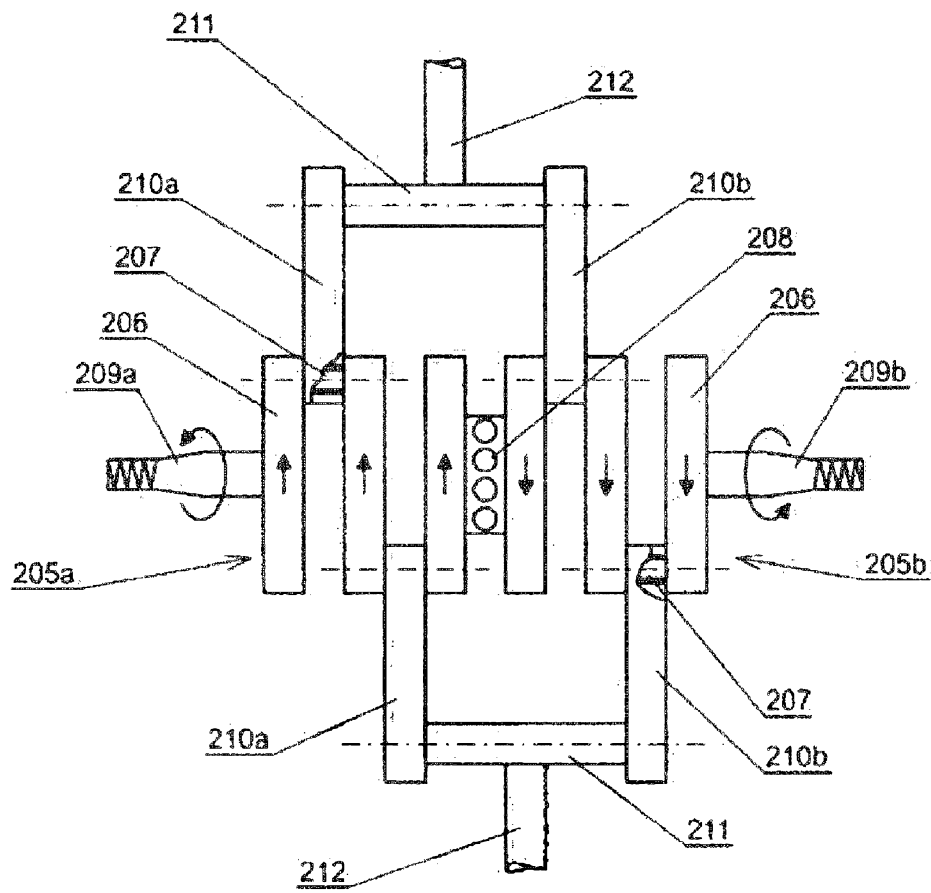


Fig.3