

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233620**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **416242**

(22) Data zgłoszenia: **23.02.2016**

(51) Int.Cl.
F02F 1/00 (2006.01)
F02B 11/02 (2006.01)
F16J 10/04 (2006.01)

(54) **Aktywna komora spalania silnika tłokowego i sposób przemieszczania ciepła
w aktywnej komorze spalania**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
28.08.2017 BUP 18/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.11.2019 WUP 11/19

(73) Uprawniony z patentu:
SADLAK ZBIGNIEW, Monachium, DE

(72) Twórca(y) wynalazku:
ZBIGNIEW SADLAK, Monachium, DE

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Regina Kozłowska

PL 233620 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest aktywna komora spalania silnika tłokowego i sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania, w skali pojedynczego cyklu pracy silnika.

Silnik tłokowy znany z japońskiego zgłoszenia patentowego nr JP2007239509, ma na części lub całości ścianki bocznej komory spalania naniesiony materiał do izolacji i akumulacji ciepła, przy czym tłok jest wykonany ze stopu zawierającego, jako główny składnik magnez.

Termoizolacyjna komora spalania i sposób jej wytwarzania znane są z europejskiego opisu patentowego nr EP0313340. Komora spalania jest zaopatrzona w warstwę powierzchniową o zintegrowanej strukturze, która jest zwrócona do komory spalania. Warstwa osadzona jest na części dolnej powierzchni głowicy i górnej części tulei cylindrowej, przy czym warstwa wykonana jest z cienkiej warstwy ceramicznej możliwie o najmniejszej grubości, i elementu termoizolacyjnego. Warstwa termoizolacyjna składa się z porowatej struktury węgla umieszczonej pomiędzy wkładką głowicy i cienką warstwą tak, aby poprawić warunki cieplne komory spalania. Izolacyjna cienka warstwa, która ogrzewa się do wysokiej temperatury, jest utworzona z materiału o małej pojemności cieplnej, przy czym wydajność suwu ssania silnika i sprawność cyklu ulegają poprawie. Wytrzymałość cienkiej warstwy zmniejsza się w wyniku zmniejszenia grubości materiału ceramicznego, wzmocnienie warstwy wykonuje się przez przegrody w kształcie kraty, umieszczone w warstwie termoizolacyjnej z porowatej struktury węgla, które podpierają cienką warstwę, przy czym części wspólne cienkiej warstwy i przegród są połączone ze sobą trwale. Cienka warstwa wykonana jest z azotku krzemu. Sposób wytwarzania termoizolacji komory spalania, obejmuje następujące etapy: formowanie wykładziny głowicy, składający się z formowania dolnej części powierzchni głowicy z materiału ceramicznego, oraz z formowania górnej części tulei cylindrowej z materiału ceramicznego, tworząc przegrody z materiału ceramicznego w kształcie kraty, wypełnienie przestrzeni pomiędzy przegrodami węglem w proszku, polerowania wewnętrznej powierzchni przegród z węglem, nałożenie materiału ceramicznego w procesie osadzania chemicznego z fazy gazowej na wypolerowanej wewnętrznej powierzchni przegród z węglem, przez co następuje połączenie warstwy z przegrodami.

Komora spalania z wkładką, sposób jej wytwarzania i jej zastosowanie znane są ze zgłoszenia patentowego USA nr US2013104846. Wkładki są integralną częścią zespołu komory spalania albo mogą być oddzielnymi elementami, połączonymi z zespołem. Jeśli wkładki stanowią oddzielne elementy, to mogą być przyłączone do zespołu komory spalania metodą klejenia, lutowania, lutowania twardego, śrubami, zapadkami, lub innymi mechanizmami mocującymi. Wkładki mogą posiadać powłokę, która jest stosowana do części zespołu komory spalania. Wkładka wykonana jest z materiału wybranego z grupy: azotek boru, azotek glinu, azotek krzemu, grafit, grafen, węgiel, tlenek berylu, tlenek magnezu, borek glinu, węgiel i bor, węgiel i krzem, węgliki i azotki, węglik krzemu, borek krzemu i kombinacje tych materiałów lub inne materiały mające podobnie odpowiednie właściwości termiczne. W niektórych przykładach wykonania, płytki zawierają syntetyczną charakterystykę matrycy kryształów, które są przystosowane do zatrzymywania ciepła. Wkładki mogą zawierać równoległe do siebie warstwy cienkie mikroskopowo, wykonane z różnych materiałów wybranych o szczególnych właściwościach termicznych, na przykład grafitu lub grafenu, które stanowią materiał o niskiej gęstości i stosunkowo wysokim przewodnictwie ciepła. Warstwy mogą być podłączone do źródła chłodzenia lub ogrzewania w celu zwiększenia przewodnictwa. Ponadto zespół komory spalania może zawierać czujniki i/lub elementy do wykrywania i przekazywania własności komory spalania i wydarzeń, takich jak temperatury i ciśnienia oraz dostarczanie informacji zwrotnych do sterownika. Takie sprzężenie zwrotne umożliwia niezwykle szybkie i adaptacyjne dostosowanie do pożądanych czynników i cech wtrysku paliwa, ciśnienia podawania paliwa, wtrysku paliwa z opóźnieniem, synchronizacji ciśnienia w komorze spalania i/lub temperatury, czasów zapłonów i innych parametrów.

Z niemieckiego opisu patentowego nr DE112011102782 znane są anodowa warstwa tlenkowa dla silników spalinowych oraz sposób jej wytwarzania. Izolacyjna warstwa tlenkowa o małej pojemności termicznej i małej przewodności cieplnej, naniesiona jest na całą powierzchnię ścianek komory spalania lub na jej część, od strony wnętrza komory spalania. Poprzez elektrolityczne utlenianie, na konstrukcję komory spalania nanosi się zwartą warstewkę zaporową, na której kształtuje się warstwę porowatą złożoną z wyrastających słupów, w środku pustych. Warstwa porowata ma mikrostrukturę od 15% do 40% pustych przestrzeni powstałych we wnętrzu słupów oraz w odstępach między słupami, a stosunek średnic otworów w słupach do średnic słupów zawiera się w przedziale od 0,3 do 0,6. Od strony wnętrza komory spalania warstwę porowatą zamyka się cienką warstewką uszczelniającą.

Grubość warstwy tlenkowej wynosi od 100 μm do 500 μm i może być ona wykonana z aluminu. Przy tych parametrach, w suwie pracy warstwa tlenkowa zmienia „wahadłowo” temperaturę swojej powierzchni, proporcjonalnie do temperatury gazów w komorze spalania, różnice temperatur i straty ciepła są mniejsze, co poprawia zużycie paliwa do 5%. Temperatura spalin w wylocie podnosi się o 15°C, co powoduje szybszy rozkład tlenków azotu w układzie ich dezaktywacji. Natomiast warstwa tlenkowa o grubości powyżej 500 μm zaczynałaby sama gromadzić ciepło, niekorzystnie dla zużycia paliwa.

Silnik spalinowy z izolowaną cieplnie komorą spalania znany z niemieckiego opisu patentowego nr DE421004, ma osłony ścianek komory spalania przed palącymi się gazami wykonane z możliwie cienkiej blachy o możliwie jak najmniejszej pojemności cieplnej, przy której unika się zauważalnej redukcji masy zasysanego powietrza. Blaszana osłona osadzona jest na siatce metalowej, tak że między osłoną a ścianką komory spalania powstaje wnęka izolacyjna z powietrzem. Osłony są przymocowane do głowicy lub do denka tłoka pierścieniami, które umożliwiają swobodne cieplne rozszerzanie się osłon. Pierścienie mocujące mają zagięte zewnętrzne krawędzie, tak że między zagięciem a gładzią cylindra powstaje wnęka z powietrzem.

Silnik spalinowy znany z niemieckiego zgłoszenia patentowego nr DE2729218A1, ma wewnątrz silnika co najmniej dwuwarstwową osłonę termoizolacyjną składającą się z cienkiej blachy metalowej o niskiej pojemności cieplnej na ceramicznym materiale izolacyjnym. Osłona termoizolacyjna naniesiona jest na powierzchniach poddanych działaniu ciepła, chroniąc je przed palącymi się gazami. Osłona ta ma utwardzoną ceramiczną warstwę izolacyjną w postaci sproszkowanej lub włóknistej, na której osadzona jest metaliczna warstwa osłonowa w postaci cienkościennej folii. Osłonę stosuje się do tłoka, a także do innych powierzchni stykających się z gorącymi gazami, takich jak ścianki cylindra, zawór wydechowy i kanał wylotowy w głowicy cylindra.

Znane z zastosowania układy chłodzenia tłokowych silników spalinowych regulują temperatury średnie bloku silnika, a zatem zawartość komory spalania chłodzi się jednakowo przez kolejne cykle pracy silnika spalinowego, bez rozróżniania wymagań termicznych w poszczególnych fazach pojedynczego cyklu w pojedynczej komorze spalania, a stałe czasowe zewnętrznego układu regulacji wynoszą co najmniej dziesiątki sekund, podczas gdy zmiany termiczne w pojedynczym cyklu pracy silnika przebiegają w milisekundach. Zawartość komory spalania schładza się także po spalaniu mieszanki, a część energii cieplnej pozyskiwanej z paliwa, porównywalna z wyjściową energią mechaniczną jest wyprowadzana z zawartości komory spalania do zewnętrznego układu chłodzenia. Zatem energię wewnętrzną zawartości komory spalania wyrównuje się w suwie pracy poprzez wyprowadzenie na zewnątrz ciepła nadmiarowego.

Przedmiotem wynalazku jest aktywna komora spalania silnika tłokowego, która we wnętrzu komory spalania ma co najmniej jeden bufor termiczny przylegający do zawartości komory spalania i jest oddzielony termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania.

Istota aktywnej komory spalania, według wynalazku, polega na tym, że bufor termiczny wykonany jest ze zwartego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna jest większa od 1,1 J/cm³K, współczynnik wyrównania temperatur jest większy od 0,1 cm²/s. Ewentualnie bufor termiczny wykonany jest z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu. Ponadto bufor termiczny ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego zawiera się w przedziale od 100% do 650% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania, przy czym porcja ciepła pobierana z zawartości komory spalania zawiera się w przedziale od 5% do 90% energii dostarczonej do zawartości komory spalania w pojedynczym cyklu pracy silnika.

Korzystnie, bufor termiczny jest umieszczony w górnej przestrzeni roboczej komory spalania, najkorzystniej w strefie temperatur nadmiarowych zawartości komory spalania, przy czym górna przestrzeń robocza usytuowana jest powyżej płaszczyzny podziału równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania i wyznaczonej przez położenie denka tłoka, przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału, w którym wartość temperatury zawartości komory spalania ma wartość równą temperaturze podziału, przy czym temperatura podziału jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania w suwie pracy.

Korzystnie, bufor termiczny jest oddzielony termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania, izolatorem termicznym.

Korzystnie, bufor termiczny osadzony jest na ścianie bocznej komory spalania i scalony z jej gładzią i/lub bufor termiczny osadzony jest na częściach konstrukcyjnych głowicy komory spalania i/lub na talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania.

Korzystnie, bufor termiczny wykonany jest w postaci co najmniej jednej warstwy osadzonej na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania, przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania i warstwami bufora termicznego umieszczona jest co najmniej jedna warstwa izolatora termicznego.

Korzystnie, bufor termiczny wykonany jest w postaci co najmniej dwóch warstw, przy czym warstwy te wykonane są z materiałów o różnych właściwościach termicznych i/lub mechanicznych.

Korzystnie, co najmniej jedna warstwa bufora termicznego ma zmienną grubość.

Korzystnie, co najmniej jedna warstwa bufora termicznego wykonana jest z materiału kompozytowego, najkorzystniej dwufazowego, w którym ziarna bufora są osadzone w plastycznym spoiwie.

Korzystnie, ziarna bufora mają postać nanorurek o przekroju kolistym lub sześciokątnym, podstawą zwróconych do zawartości komory spalania, przy czym nanorurki wykonane są z materiału wybranego z grupy wolfram i ciężkie stopy wolframu W-Ni-Fe lub W-Cu-Ni, w których zawartość wolframu najkorzystniej wynosi od 90% do 98%, a plastycznym spoiwem jest metal wybrany z grupy Ni i jego stopy Ni-Fe, Ni-Cu oraz Co.

Korzystnie, bufor termiczny wykonany jest z płytki perforowanej, korzystnie siatki, przy czym bufor termiczny umieszczony jest nad wgłębieniem w głowicy komory spalania.

Korzystnie, we wnętrzu komory spalania osadzony jest co najmniej jeden element buforujący wykonany z folii zawierającej co najmniej dwie warstwy, z których co najmniej jedna górna jest warstwą bufora termicznego, co najmniej jedna środkowa jest warstwą izolatora termicznego i co najmniej jedna dolna jest warstwą spoiwa, najkorzystniej warstwa spoiwa wykonana jest z materiału izolacyjnego termicznie.

Korzystnie, element buforujący ma kształt dostosowany do części konstrukcyjnych komory spalania, na których jest osadzany.

Korzystnie, powierzchnia bufora termicznego przylegająca do zawartości komory spalania ma barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki.

Korzystnie, bufor termiczny ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania, przy czym powierzchnia ta jest zmatowiona.

Korzystnie, bufor termiczny ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania, przy czym powierzchnia ta jest porowata.

Korzystnie, bufor termiczny ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania, przy czym powierzchnia ta jest radełkowana, najkorzystniej falista.

Korzystnie, komora spalania wyposażona jest w osłonę adyabatyczną, najkorzystniej usytuowaną wokół strefy temperatur nadmiarowych, strefy intensywnej przemiany i ewentualnie strefy temperatur końcowych.

Korzystnie, wewnątrz komory spalania, powyżej strefy temperatur nadmiarowych osadzona jest przewodząca termicznie ścianka dogrzewana zewnątrz, korzystnie ścianka dogrzewana zewnątrz osadzona jest w ścianie bocznej komory spalania i/lub w głowicy komory spalania, przy czym ścianka dogrzewana zewnątrz ma układ kanałów grzewczych, którego wejście jest połączone kanałem spalin z wydechem drugiej komory spalania, natomiast wyjście układu kanałów grzewczych jest połączone z układem wydechu silnika, najkorzystniej kanał spalin wyposażony jest w zawór spalin.

Korzystnie, ścianka dogrzewana zewnątrz jest odizolowana termicznie, korzystnie izolatorem termicznym od bufora termicznego.

Korzystnie, ścianka dogrzewana zewnątrz i bufora termicznego są zazębione, najkorzystniej granica pomiędzy ścianką dogrzewaną zewnątrz i buforem termicznym jest falista.

Korzystnie, ścianka dogrzewana zewnątrz i kanał spalin są oddzielone termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania.

Korzystnie, ścianka dogrzewana zewnątrz ma kanały grzewcze, które mają rozwiniętą powierzchnię wewnętrzną przylegającą do spalin, korzystnie powierzchnia wewnętrzna kanałów grzewczych jest porowata.

Korzystnie, bufor termiczny ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od cza-

su pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej równej 360° , korzystnie drogi kątovej wału korbowego pokonywanej od górnego martwego położenia tłoka do położenia w kącie podziału.

Korzystnie, bufor termiczny jest wykonany z metalu wybranego z grupy wolfram, molibden, tytan, chrom, tantal, nikiel, platyna, ren, beryl, wanad i ich stopy lub nadstopy, stopy aluminium i stopy żelaza.

Korzystnie, wewnątrz komory spalania, powyżej strefy temperatur nadmiarowych osadzona jest przewodząca termicznie ścianka chłodzona zewnątrz, korzystnie ścianka chłodzona zewnątrz osadzona jest w ścianie bocznej komory spalania, przy czym ścianka chłodzona zewnątrz ma układ kanałów chłodzących, którego dopływ jest połączony kanałem chłodzenia poprzez zawór chłodzenia z pompą chłodziwa, zaś odpływ połączony jest z dopływem zwrotnym układu chłodzenia, ponadto komora spalania pomiędzy ścianką chłodzoną zewnątrz a dolnym martwym położeniem tłoka, ma osłonę adyabatyczną usytuowaną wokół komory spalania.

Korzystnie, ścianka chłodzona zewnątrz jest chłodzona powietrzem.

Korzystnie, bufor termiczny jest umieszczony w dolnej przestrzeni roboczej komory spalania, korzystnie w strefie temperatur końcowych zawartości komory spalania, przy czym dolna przestrzeń robocza usytuowana jest poniżej płaszczyzny podziału równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania i wyznaczonej przez położenie denka tłoka, przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału, w którym wartość temperatury zawartości komory spalania ma wartość równą temperaturze podziału, przy czym temperatura podziału jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania w suwie pracy.

Korzystnie, bufor termiczny ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny wstanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej równej 360° , korzystnie drogi kątovej wału korbowego pokonywanej od położenia w kącie podziału do dolnego martwego położenia tłoka.

Korzystnie, bufor termiczny jest wykonany z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, przy czym komora spalania wyposażona jest w nawilżacz ładunku, korzystnie usytuowany w układzie dolotowym silnika.

Korzystnie, bufor termiczny jest usytuowany w strefie temperatur końcowych, przy czym w pozycji tłoka w górnym martwym położeniu, co najmniej część powierzchni bufora termicznego przylega do oleju lub mgły olejowej w skrzyni korbowej silnika.

Korzystnie, na denku tłoka osadzony jest co najmniej jeden bufor termiczny przylegający do zawartości komory spalania.

Korzystnie, bufor termiczny w postaci płytki perforowanej, korzystnie siatki, osadzony jest nad wgłębieniami w denku tłoka.

Korzystnie, bufor termiczny ma kształt płaskiego pierścienia.

Istota sposobu, według wynalazku, polega na tym, że między kolejnymi cyklami pracy silnika, z zawartości komory spalania w cyklu buforowania przemieszcza się porcje ciepła nadmiarowego do nowej zawartości komory spalania, a następnie w cyklu pracy silnika ciepło wewnętrzne nowej zawartości komory spalania uzupełnia się porcją ciepła pozyskiwaną ze spalania mieszanki, przy czym we wnętrzu komory spalania umieszcza się co najmniej jeden bufor termiczny przylegający do zawartości komory spalania, który oddziela się termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania, a miejsca osadzania bufora termicznego wyznacza się odpowiednio do ustalonych w komorze spalania dla suwu pracy, od górnego martwego położenia do dolnego martwego położenia tłoka, stref termicznego oddziaływania na zawartość komory spalania czyli strefy kształtowania zapłonu, strefy zewnętrznego kształtowania temperatury, strefy temperatur nadmiarowych, strefy intensywnej przemiany i strefy temperatur końcowych, przy czym bufor termiczny wytwarza się ze zwartego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna jest większa od $1,1 \text{ J/cm}^3\text{K}$, współczynnik wyrównania temperatur jest większy od $0,1 \text{ cm}^2/\text{s}$, i ewentualnie bufor termiczny wytwarza się z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, ponadto bufor termiczny ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego zawiera się w przedziale od 100% do 650% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania, przy czym z zawartości komory spalania buforem termicznym pobiera się porcję ciepła w ilości od 5% do 90% energii dostarczonej do zawartości komory spalania w pojedynczym cyklu pracy silnika, po czym w tym samym cyklu pracy silnika, korzystnie gdy denko tłoka przemieszcza się w strefie intensywnej przemiany, po obniżeniu się temperatury zawartości komory spalania w wyniku przemiany

termodynamicznej, ciepłem zakumulowanym w buforze termicznym dogrzewa się zawartość komory spalania. Po zakończeniu suwu pracy, ciepłem które pozostało w buforze termicznym dogrzewa się ładunek w suwie dolotu i sprężania następnego cyklu pracy silnika, tym samym bufor termiczny przygotowuje się do przyjęcia porcji ciepła w suwie pracy. Cykl buforowania czyli nagrzania i wychłodzenia bufora termicznego zaczyna się od górnego martwego położenia tłoka rozpoczynającego suw pracy, a kończy się w górnym martwym położeniu tłoka kończącym suw sprężania następnego cyklu pracy silnika.

Korzystnie, bufor termiczny umieszcza się w górnej przestrzeni roboczej komory spalania, korzystnie w strefie temperatur nadmiarowych zawartości komory spalania, przy czym górna przestrzeń robocza usytuowana jest powyżej płaszczyzny podziału równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania i wyznaczonej przez położenie denka tłoka, przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału, w którym wartość temperatury zawartości komory spalania ma wartość równą temperaturze podziału, przy czym temperatura podziału jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania w suwie pracy.

Korzystnie, bufor termiczny oddziela się termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania, izolatorem termicznym.

Korzystnie, bufor termiczny osadza się na ścianie bocznej komory spalania i scala z jej gładzią.

Korzystnie, bufor termiczny osadza się na częściach konstrukcyjnych głowicy komory spalania i/lub na talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania.

Korzystnie, bufor termiczny wytwarza się w postaci co najmniej jednej warstwy, którą osadza się na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania, przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania i warstwami bufora termicznego nanosi się co najmniej jedną warstwę izolatora termicznego.

Korzystnie, bufor termiczny wytwarza się w postaci co najmniej dwóch warstw, przy czym warstwy te wytwarza się z materiałów o różnych właściwościach termicznych i/lub mechanicznych.

Korzystnie, w komorze spalania umieszcza się bufor termiczny wykonany w postaci płytki perforowanej, korzystnie siatki, przy czym bufor termiczny umieszcza się nad wgłębieniem w głowicy komory spalania.

Korzystnie, we wnętrzu komory spalania umieszcza się co najmniej jeden element buforujący wykonany z folii zawierającej co najmniej dwie warstwy, z których co najmniej jedna górna jest warstwą bufora termicznego, co najmniej jedna środkowa jest warstwą izolatora termicznego i co najmniej jedna dolna jest warstwą spoiwa.

Korzystnie, warstwę spoiwa wytwarza się z materiału izolującego termicznie.

Korzystnie, w komorze spalania umieszcza się bufor termiczny, którego powierzchnia przylegająca do zawartości komory spalania ma barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki.

Korzystnie, w komorze spalania umieszcza się bufor termiczny, który ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania, przy czym powierzchnia ta jest zmatowiona, lub powierzchnia ta jest porowata, lub powierzchnię radełkuje się, najkorzystniej nadaje się jej kształt falisty.

Korzystnie, komorę spalania osłania się osłoną adiabatyczną, korzystnie usytuowaną wokół strefy temperatur nadmiarowych, strefy intensywnej przemiany i ewentualnie w strefy temperatur końcowych.

Korzystnie, wewnątrz komory spalania, powyżej strefy temperatur nadmiarowych, osadza się przewodzącą termicznie ściankę dogrzewaną zewnątrz, korzystnie ściankę dogrzewaną zewnątrz osadza się w ścianie bocznej komory spalania i/lub w głowicy komory spalania, przy czym w ścianie dogrzewanej zewnątrz wykonuje się kanały grzewcze, którymi doprowadza się medium grzewcze, korzystnie spaliny z drugiej komory spalania, przy czym porcją ciepła z drugiej komory spalania dogrzewa się zawartość komory spalania.

Korzystnie, ściankę dogrzewaną zewnątrz izoluje się termicznie, korzystnie izolatorem termicznym od bufora termicznego.

Korzystnie, bufor termiczny wytwarza się z takiego materiału i o takich wymiarach geometrycznych, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej równej 360° , korzystnie drogi kątowej wału korbowego pokonywanej od górnego martwego położenia tłoka do położenia w kącie podziału.

Korzystnie, bufor termiczny wytwarza się z metalu wybranego z grupy wolfram, molibden, tytan, chrom, tantal, nikiel, platyna, ren, beryl, wanad i ich stopy lub nadstopy, stopy aluminium i stopy żelaza.

Korzystnie, wewnątrz komory spalania, powyżej strefy temperatur nadmiarowych osadza się przewodzącą termicznie ściankę chłodzoną zewnątrz, korzystnie ściankę chłodzoną zewnątrz osadza się w ścianie bocznej komory spalania, przy czym w ścianie chłodzonej zewnątrz wykonuje się kanały chłodzące, którymi doprowadza się chłodziwo, korzystnie powietrze.

Korzystnie, bufor termiczny umieszcza się w dolnej przestrzeni roboczej komory spalania, korzystnie w strefie temperatur końcowych zawartości komory spalania, przy czym dolna przestrzeń robocza usytuowana jest poniżej płaszczyzny podziału równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania i wyznaczonej przez położenie denka tłoka, przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału, w którym wartość temperatury zawartości komory spalania ma wartość równą temperaturze podziału, przy czym temperatura podziału jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania w suwie pracy, przy czym gdy denko tłoka przemieszcza się w strefie temperatur końcowych, z zawartości komory spalania, czyli spalin, przed ich wydaleniem w suwie wylotu, pobiera się porcję ciepła, którym dogrzewa się ładunek w suwie dolotu i sprężania następnego cyklu pracy silnika, tym samym bufor termiczny przygotowuje się do przyjęcia porcji ciepła w suwie pracy.

Korzystnie, bufor termiczny wytwarza się z takiego materiału i ma takie wymiary geometryczne, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej równej 360° , korzystnie drogi kątowej wału korbowego pokonywanej od położenia w kącie podziału do dolnego martwego położenia tłoka.

Korzystnie, bufor termiczny wytwarza się z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, który nawilża się w suwie dolotu i sprężania.

Korzystnie, bufor termiczny umieszcza się w strefie temperatur końcowych, a gdy denko tłoka przemieszcza się przy górnym martwym położeniu, ciepłem zakumulowanym w buforze termicznym podgrzewa się olej lub mgłę olejową w skrzyni korbowej silnika.

Korzystnie, na denku tłoka osadza się co najmniej jeden bufor termiczny przylegający do zawartości komory spalania.

Korzystnie, bufor termiczny w postaci płytki perforowanej, korzystnie siatki, osadza się nad wgłębieniami w denku tłoka.

Korzystnie, na denku tłoka osadza się bufor termiczny o kształcie płaskiego pierścienia.

Aktywna komora spalania według wynalazku, ma zwiększoną sprawność termiczną, poprzez wyposażenie jej w wewnętrzne bufor termiczne, którymi ogranicza się lub eliminuje się chłodzenie zewnętrzne. Komora spalania umożliwia także realizację obiegu adiabatycznego. Aktywna komora spalania z przemieszczaniem porcji ciepła w czasie suwu pracy, umożliwia rozdzielanie w czasie pozyskiwanie ciepła, zwłaszcza nadmiarowego od jego przetworzenia w przemianie termodynamicznej, poprzez zachowanie ciepła nadmiarowego w komorze spalania, czyli w buforach termicznych, a następnie wykorzystanie go w bieżącej i w następnej przemianie termodynamicznej, w cyklicznym nagrzewaniu i wychładzaniu buforów termicznych, synchronicznie z pojedynczym cyklem pracy silnika. Dalsze zwiększenie sprawności termicznej aktywnej komory spalania jest wynikiem przeniesienia porcji ciepła ze strefy temperatur nadmiarowych do strefy intensywnej przemiany termodynamicznej, w której kinematyczne uwarunkowania układu korbowego są najkorzystniejsze dla przemiany termodynamicznej, przy największych wartościach składowej stycznej nacisku na tłok. Podobnie zwiększenie sprawności termicznej następuje poprzez dogrzewanie nowo wprowadzonego ładunku, w suwach dolotu i sprężania następnego cyklu pracy silnika niewykorzystaną częścią ciepła nadmiarowego oraz porcją ciepła pozyskaną ze spalin, także ze spalin drugiej komory spalania. Ładunek dogrzewa się po jego wprowadzeniu do komory spalania, zatem nie zmniejsza się tym efektywności doładowywania, czyli zwiększania masy wprowadzanego ładunku, w którym stosowane jest schładzanie ładunku przy jego zewnętrznym sprężaniu w układach dolotu, dla lepszego napełniania cylindrów. Szybkie pobranie ciepła nadmiarowego z zawartości komory spalania, nawet w ułamkach milisekundy, poprzez osadzenie buforów termicznych na głowicy komory spalania i denku tłoka oraz poprzez rozwinięcia powierzchni buforów termicznych, jest dostosowane do dynamiki spalającej się mieszanki i wyrównuje bez strat temperaturę i ciśnienie robocze w zawartości komory spalania w suwie pracy. Lokalnymi przepływami ciepła między zawartością komory spalania a buforem termicznym, są tłumione równocześnie chwilowe i miejscowe przegrzania w spalającej się mieszance. W wyniku tego następuje ograniczenie lub wyeliminowanie samozapłonów i spalania stukowego, wywiązywania się tlenków

azotu NO_x oraz degradacji łańcuchów wodorotlenowych w paliwie. Także zmniejszone są szczytowe obciążenia termiczne komory spalania oraz obciążenia mechaniczne o charakterze uderzeniowym, zwłaszcza wału korbowego i jego łożysk, w fazie bezpośrednio po GMP tłoka, w której kinematyczne uwarunkowania układu korbowego są dla nich najniekorzystniejsze. Zarazem w aktywnej komorze spalania już w pierwszych cyklach pracy silnika następuje całkowita termiczna stabilizacja warunków spalania, a wszystkie szkodliwe zjawiska pracy zimnego silnika są wyeliminowane. Stabilizacja termiczna warunków spalania w komorze spalania, czyli spalanie całkowite, w którym produkty spalania to wyłącznie dwutlenek węgla i woda, jest określona bezwładnością termiczną układu chłodzenia. W aktywnej komorze spalania jest to zdolność bufora termicznego do szybkiego nagrzania się. Ilość energii cieplnej potrzebnej do nagrzania bufora termicznego, a zwłaszcza jego wierzchniej warstwy, przylegającej do zawartości komory spalania, osiąga się już w pierwszych cyklach pracy silnika. Osadzanie buforów termicznych w komorze spalania jest technologicznie proste i nie wymaga istotnych zmian konstrukcyjnych silnika. Osadzanie buforów termicznych na denku tłoka lub głowicy może być wykonywane w istniejących silnikach, nawet w warunkach warsztatowych, zwłaszcza z zastosowaniem przygotowanych fabrycznie elementów buforowych. Zadanie chłodzenia buforem termicznym zawartości komory spalania, a następnie zadanie odzyskiwania pobranego ciepła ogranicza się do krótkiego przechowywania porcji ciepła w czasie suwu pracy lub między kolejnymi cyklami pracy silnika. Wartość przemieszczanej porcji ciepła wynika z ilości energii przetwarzanej w pojedynczym cyklu pracy silnika, w pojedynczej komorze spalania.

Zarówno czas przetwarzania jak i ilość energii są niewielkie, a przetwarzanie wykonuje się z wykorzystaniem podstawowych funkcji silnika. Stąd wymagania konstrukcyjne i sprzętowe są uproszczone do niewielkiej modyfikacji komory spalania, bez dodatkowych funkcji czy dodatkowych układów przetwarzających. W aktywnej komorze spalania, w której chłodzenie zawartości komory spalania wymaga dodatkowo zewnętrznego chłodzenia, intensywne zewnętrzne chłodzenie jest ograniczone do czasu gdy denko tłoka przemieszcza się w strefie zewnętrznego kształtowania temperatury, zatem straty ciepła są ograniczone do niezbędnych porcji, pobieranych w części suwu pracy. W krótkim impulsie przejęcia porcji ciepła, gdy fala ciepła przemieszcza się przez bufor termiczny, powierzchnia bufora termicznego nagrzewa się proporcjonalnie do wartości temperatury spalanej mieszanki, czyli od ok. 2000 K do ok. 1000 K. Umożliwia to katalityczne oczyszczanie spalin na powierzchni bufora termicznego BT, a także wypalanie nagaru, które następuje już przy temperaturach ponad ok. 450°C.

Przedmiot wynalazku objaśniony jest w przykładzie wykonania i uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia strukturę termiczną komory spalania, przy czym fig. 1 a – charakterystykę temperaturową zawartości komory spalania w suwie pracy, a fig. 1 b – podział komory spalania na strefy termiczne, fig. 2 – aktywną komorę spalania silnika tłokowego, fig. 3 – ścieżki przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania, fig. 4 – bufor termiczny naniesiony na powierzchnię komory spalania, przy czym fig. 4 a – bufor termiczny o stałej grubości, fig. 4 b – kompozytowy bufor termiczny, fig. 4 c – bufor termiczny o zmiennej grubości, fig. 4 d – bufor termiczny osadzony na osłonie adiabatycznej oraz fig. 4 e – bufor termiczny zazębiony ze ścianką dogrzewaną zewnętrznie, a fig. 5 element buforujący do osadzenia na talerzyku zaworu, oraz fig. 6 – bufor termiczny wykonany z nanorurek, przy czym fig. 6 a – strukturę bufora termicznego z nanorurek o przekroju kolistym, fig. 6 b – strukturę bufora termicznego z nanorurek o przekroju sześciokątnym.

P r z y k ł a d 1

Aktywna komora spalania silnika tłokowego ma we wnętrzu komory spalania KS osadzony bufor termiczny BT przylegający do zawartości komory spalania KZ, który izolatorem termicznym IT jest oddzielony termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania KS. Bufor termiczny BT jest umieszczony w górnej przestrzeni roboczej komory spalania KS, w strefie temperatur nadmiarowych TH zawartości komory spalania KZ, przy czym górna przestrzeń robocza usytuowana jest powyżej płaszczyzny podziału P_m równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania KS i wyznaczonej przez położenie denka tłoka KT przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału α_m , w którym wartość temperatury zawartości komory spalania T ma wartość równą temperaturze podziału T_m , przy czym temperatura podziału T_m jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania T w suwie pracy. Bufor termiczny BT wykonany jest w postaci jednej warstwy osadzonej na wewnętrznych ściankach komory spalania KS, przy czym pomiędzy ściankami komory spalania KS i warstwą bufora termicznego BT umieszczona jest warstwa izolatora termicznego IT. Bufor termiczny BT wykonany jest ze zwartego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna wynosi

1,1 J/cm³K, współczynnik wyrównania temperatur wynosi 0,1 cm²/s, ponadto bufor termiczny BT ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego BT wynosi 650% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania KZ, przy czym porcja ciepła pobierana z zawartości komory spalania KZ wynosi 90% energii dostarczonej do zawartości komory spalania KZ w pojedynczym cyklu pracy silnika. Parametry te nadają buforowi termicznemu BT dynamikę i zakres buforowania, od wolnych do najwyższych obrotów silnika, właściwy dla miejsca jego osadzenia w komorze spalania KS, przy czym w komorze spalania KS w suwie pracy, od górnego martwego położenia GMP tłoka KT do dolnego martwego położenia DMP tłoka KT, ustala się strefy termicznego oddziaływania na zawartość komory spalania KZ: – a zatem strefę kształtowania zapłonu ZP, strefę zewnętrznego kształtowania temperatury ZT, strefę temperatur nadmiarowych TH, strefę intensywnej przemiany TA i strefę temperatur końcowych TK. Przechodzenie denka tłoka KT przez strefy termicznego oddziaływania na zawartość komory spalania KZ, wyznacza kolejne stany zawartości komory spalania KZ w suwie pracy. W strefie temperatur nadmiarowych TH, występują czasowo wartości nadmiarowe temperatury zawartości komory spalania T, wynikające z dynamiki spalania mieszanki. Po spaleniu mieszanki w strefie temperatur nadmiarowych TH występują także pozostałe wartości temperatury zawartości komory spalania T. Gdy denko tłoka KT przemieszcza się w strefie intensywnej przemiany TA, kinematyczne uwarunkowania układu korbowego, przy największych wartościach składowej stycznej nacisku na tłok KT, są najkorzystniejsze dla przemiany termodynamicznej. Natomiast gdy denko tłoka KT przemieszcza się w strefie temperatur końcowych TK, w której występują tylko końcowe temperatury zawartości komory spalania T, przemiana termodynamiczna jest już ograniczona.

W różnych wykonaniach aktywnej komory spalania KS, strefa kształtowania zapłonu ZP, strefa zewnętrznego kształtowania temperatury ZT i strefa temperatur nadmiarowych TH mogą mieć różną kolejność, mogą być też ze sobą łączone. Strefa temperatur nadmiarowych TH, strefa intensywnej przemiany TA i strefa temperatur końcowych TK są chronione termicznie osłoną adiabatyczną OA.

Przykład 2

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że ma drugi, uzupełniający bufor termiczny BT, umieszczony między pierwszym buforem termicznym BT i płaszczyzną podziału Pm, osadzony na osłonie adiabatycznej O A. Drugi bufor termiczny BT wykonany jest ze zwartego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna wynosi 1,5 J/cm³K, współczynnik wyrównania temperatur wynosi 1,7 cm²/s, ponadto drugi bufor termiczny BT ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego BT wynosi 100% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania KZ, przy czym porcja ciepła pobierana z zawartości komory spalania KZ wynosi 5% energii dostarczonej do zawartości komory spalania KZ w pojedynczym cyklu pracy silnika. Parametry te nadają buforowi termicznemu BT dynamikę i zakres buforowania właściwy dla miejsca jego osadzenia w komorze spalania KS.

Przykład 3

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że ma drugi bufor termiczny BT, który jest umieszczony w dolnej przestrzeni roboczej komory spalania KS, w strefie temperatur końcowych TK zawartości komory spalania KZ, przy czym w pozycji tłoka KT w górnym martwym położeniu GMP, 20% powierzchni bufora termicznego BT przylega do oleju lub mgły olejowej w skrzyni korbowej silnika. Ponadto dolna przestrzeń robocza usytuowana jest poniżej płaszczyzny podziału Pm równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania KS i wyznaczonej przez położenie denka tłoka KT przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału α_m , w którym wartość temperatury zawartości komory spalania T ma wartość równą temperaturze podziału Tm, przy czym temperatura podziału Tm jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania T w suwie pracy. Bufor termiczny BT ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, jest równy czasowi pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej α wału korbowego, pokonywanej od położenia w kącie podziału α_m do dolnego martwego położenia DMP tłoka KT. Ten bufor termiczny BT jest wykonany z zeolitu, przy czym komora spalania KS wyposażona jest w nawilżacz ładunku NZ, usytuowany w układzie dolotowym silnika.

Przykład 4

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że wewnątrz komory spalania KS, powyżej strefy temperatur nadmiarowych TH, w ścianie bocznej

komory spalania KS osadzona jest przewodząca termicznie ścianka dogrzewana zewnątrz DD. Ścianka dogrzewana zewnątrz DD i ścianka bufora termicznego BT są zazębiane, przy czym granica pomiędzy ścianką dogrzaną zewnątrz DD i buforem termicznym BT jest falista. Ścianka dogrzewana zewnątrz DD ma układ kanałów grzewczych, którego wejście jest połączone kanałem spalin DS z wydechem drugiej komory spalania, natomiast wyjście układu kanałów grzewczych, jest połączone z układem wydechu silnika, przy czym kanał spalin DS wyposażony jest w zawór spalin DV. Ponadto ścianka dogrzewana zewnątrz DD jest odizolowana termicznie, izolatorem termicznym IT od bufora termicznego BT.

Przykład 5

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że wewnątrz komory spalania KS, powyżej strefy temperatur nadmiarowych TH, w ścianie bocznej komory spalania KS osadzona jest przewodząca termicznie ścianka chłodzona zewnątrz CH. Ścianka chłodzona zewnątrz CH ma układ kanałów chłodzących, którego dopływ jest połączony kanałem chłodzenia CC poprzez zawór chłodzenia CV z pompą chłodziwa, zaś odpływ połączony jest z dopływem zwrotnym układu chłodzenia. Pomiędzy ścianką chłodzoną zewnątrz CH a dolnym martwym położeniem DMP tłoka KT, komora spalania KS ma osłonę adyabatyczną OA, usytuowaną wokół komory spalania KS.

Przykład 6

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie piątym z tą różnicą, że chłodziwem jest powietrze.

Przykład 7

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że na denku tłoka KT osadzone są dwa bufor termiczne BT, z których pierwszy wykonany jest w postaci warstwy o kształcie płaskiego pierścienia, przylegającego do zawartości komory spalania KZ, a drugi w postaci siatki, osadzony jest nad wgłębieniami w denku tłoka KT.

Przykład 8

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym, drugim i trzecim z tą różnicą, że bufor termiczny BT ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, jest równy czasowi wykonywania suwów dolotu i sprężania, czyli pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej α kąta obrotu wału korbowego równej 360° .

Przykład 9

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym i drugim z tą różnicą, że bufor termiczny BT ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których górna granica czasu przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, jest równa czasowi pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej α kąta obrotu wału korbowego, pokonywanej od górnego martwego położenia GMP tłoka KT do położenia w kącie podziału αm .

Przykład 10

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że bufor termiczny BT jest wykonany z nadstopu niklu, niobu i tantalu z dużą zawartością wolframu, o właściwej objętościowej pojemności cieplnej $2,57 \text{ J/cm}^3\text{K}$ oraz o współczynniku wyrównania temperatur $0,779 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Przykład 11

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że w komorze spalania KS na ścianie bocznej komory spalania KS jest osadzony bufor termiczny BT, scalony z jej gładzią oraz na czterech talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania KS osadzone są następne cztery bufor termiczne BT. Bufory termiczne BT są wykonane w postaci warstwy osadzonej na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania KS, przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania KS i warstwami bufora termicznego BT umieszczona jest warstwa izolatora termicznego IT. Powierzchnie bufora termicznego BT przylegające do zawartości komory spalania KZ mają barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki.

Przykład 12

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że bufony termiczne BT osadzone na talerzykach zaworów mają rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania KZ, przy czym powierzchnia ta jest zmatowiona.

Przykład 13

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że bufony termiczne BT osadzone na talerzykach zaworów mają rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania KZ, przy czym powierzchnia ta jest porowata.

Przykład 14

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że bufony termiczne BT osadzone na talerzykach zaworów mają rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania KZ, przy czym powierzchnia ta jest radełkowana i ma kształt falisty.

Przykład 15

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że bufor termiczny BT, wykonany w postaci płytki perforowanej, umieszczony jest nad wgłębieniem w głowicy komory spalania KS.

Przykład 16

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie piętnastym z tą różnicą, że bufor termiczny BT, umieszczony nad wgłębieniem w głowicy komory spalania KS, wykonany jest w postaci siatki.

Przykład 17

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że bufony termiczne BT składają się z dwóch warstw, które wykonane są z materiałów o różnych właściwościach termicznych i mechanicznych, przy czym warstwy bufora termicznego BT mają zmienną grubość.

Przykład 18

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że bufony termiczne BT są wykonane z dwufazowego materiału kompozytowego, w którym ziarna bufora BZ są osadzone w plastycznym spoiwie. Ziarna bufora BZ mają postać nanorurek o przekroju kolistym, podstawą zwróconych do zawartości komory spalania KZ.

Przykład 19

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie osiemnastym z tą różnicą, że ziarna bufora BZ mają postać nanorurek o przekroju sześciokątnym.

Przykład 20

Aktywna komora spalania silnika tłokowego wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że na talerzykach zaworów osadzone są elementy buforujące EB wykonane z folii warstwowej, zawierającej górną warstwę bufora termicznego BT, środkową warstwę izolatora termicznego IT i dolną warstwę spoiwa WS, przy czym warstwa spoiwa WS jest wykonana z materiału izolacyjnego termicznie. Elementy buforujące EB mają kształt dostosowany do części konstrukcyjnych komory spalania KS, na których są osadzone.

Aktywna komora spalania silnika tłokowego KS według wynalazku, w zależności od zadań przemieszczania ciepła może być wyposażona w kilka buforów termicznych BT, w tym bufony termiczne BT osadzone na ścianie bocznej komory spalania KS i scalone z jej z gładzią, w górnej przestrzeni roboczej do buforowania ciepła nadmiarowego i w dolnej przestrzeni roboczej do buforowania ciepła ze spalin, następne bufony termiczne BT na częściach konstrukcyjnych głowicy komory spalania KS, na talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania KS oraz na denku tłoka KT. Bufor termiczny BT może być wykonany w postaci płytki perforowanej lub siatki, przy czym płytkowy lub siatkowy bufor termiczny BT umieszczony jest nad wgłębieniem w głowicy komory spalania KS lub nad wgłębieniem w denku tłoka KT. Bufor termiczny BT może być również wykonany w postaci warstwy osadzonej na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania KS, przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania KS i warstwami bufora termicznego BT umieszczona jest warstwa izolatora termicznego IT. Ponadto bufor termiczny BT może być wykonany w postaci warstw, które wykonane są z materiałów o różnych właściwościach termicznych i mechanicznych oraz z materiału kompozytowego. Materiał kompozytowy może być materiałem dwufazowym, w którym ziarna bufora BZ są osadzone w plastycznym spoiwie. Ziarna bufora BZ mają postać nanorurek, podstawą zwróconych do zawartości komory spalania KZ, przy czym nanorurki wykonane są z materiału

wybranego z grupy wolfram i ciężkie stopy wolframu W-Ni-Fe lub W-Cu-Ni, w których zawartość wolframu wynosi od 90% do 98%, natomiast plastycznym spoiwem jest metal wybrany z grupy Ni i jego stopy Ni-Fe, Ni-Cu oraz Co. Warstwy bufora termicznego BT mogą mieć zmienną grubość. We wnętrzu komory spalania KS mogą być ponadto osadzone elementy buforujące EB, wykonane z folii warstwowej, zawierającej górną warstwę bufora termicznego BT, środkową warstwę izolatora termicznego IT i dolną warstwę spoiwa WS, przy czym warstwa spoiwa WS może być wykonana z materiału izolacyjnego termicznie, a elementy buforujące EB mają kształt dostosowany do części konstrukcyjnych komory spalania KS, na których są osadzone.

Przykład 21

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania, polega na tym, że między kolejnymi cyklami pracy silnika, z zawartości komory spalania KZ w cyklu buforowania przemieszcza się porcję ciepła nadmiarowego do nowej zawartości komory spalania KZ, a następnie w cyklu pracy silnika ciepło wewnętrzne nowej zawartości komory spalania KZ uzupełnia się porcją ciepła pozyskiwaną ze spalania mieszanki, przy czym we wnętrzu komory spalania KS umieszcza się co najmniej jeden bufor termiczny BT przylegający do zawartości komory spalania KZ, który oddziela się termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania KS. Miejsca osadzania bufora termicznego BT wyznacza się odpowiednio do ustalonych w komorze spalania KS dla suwu pracy, od GMP tłoka KT, stref termicznego oddziaływania na zawartość komory spalania KZ, czyli strefy kształtowania zapłonu ZP, strefy zewnętrznego kształtowania temperatury ZT, strefy temperatur nadmiarowych TH, strefy intensywnej przemiany TA i strefy temperatur końcowych TK. Dodatkowo komorę spalania KS osłania się osłoną adiabatyczną OA, usytuowaną wokół strefy temperatur nadmiarowych TH, strefy intensywnej przemiany TA i ewentualnie w strefy temperatur końcowych TK. Bufor termiczny BT wytwarza się z takiego materiału i o takich wymiarach geometrycznych, dla których górna granica czasu przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT wstanie nieustalonym, jest równa czasowi pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej α kąta obrotu wału korbowego od górnego martwego położenia GMP tłoka KT do położenia w kącie podziału α_m , oraz bufor termiczny BT wytwarza się ze zwartego materiału, którego dolna granica właściwej objętościowej pojemności cieplnej wynosi $1,1 \text{ J/cm}^3\text{K}$, dolna granica współczynnika wyrównania temperatur wynosi $0,1 \text{ cm}^2/\text{s}$. Bufor termiczny BT ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego BT wynosi 650% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania KZ, przy czym z zawartości komory spalania KZ buforem termicznym BT pobiera się porcję 90% energii dostarczonej do zawartości komory spalania KZ w pojedynczym cyklu pracy silnika, po czym w tym samym cyklu pracy silnika, korzystnie gdy denko tłoka KT przemieszcza się w strefie intensywnej przemiany TA, po obniżeniu się temperatury zawartości komory spalania T w wyniku przemiany termodynamicznej, ciepłem zakumulowanym w buforze termicznym BT dogrzewa się zawartość komory spalania KZ, a po zakończeniu suwu pracy, ciepłem które pozostało w buforze termicznym BT dogrzewa się ładunek w suwie dolotu i sprężania, następnego cyklu pracy silnika, tym samym bufor termiczny BT przygotowuje się do przyjęcia porcji ciepła w suwie pracy następnego cyklu pracy silnika. Cykl buforowania czyli nagrzania i wychłodzenia bufora termicznego BT zaczyna się od górnego martwego położenia GMP tłoka KT rozpoczynającego suw pracy, a kończy się w górnym martwym położeniu GMP tłoka KT kończącym suw sprężania następnego cyklu pracy silnika. Bufor termiczny BT umieszcza się w górnej przestrzeni roboczej komory spalania KS, korzystnie w strefie temperatur nadmiarowych TH zawartości komory spalania KZ, przy czym górna przestrzeń robocza usytuowana jest powyżej płaszczyzny podziału P_m równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania KS i wyznaczonej przez położenie denka tłoka KT przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału α_m , w którym wartość temperatury zawartości komory spalania T ma wartość równą temperaturze podziału T_m , przy czym temperatura podziału T_m jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania T w suwie pracy. Bufor termiczny BT oddziela się termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania KS, izolatorem termicznym IT, przy czym bufor termiczny BT osadza się na ścianie bocznej komory spalania KS i scala z jej gładzią. Bufor termiczny BT wytwarza się w postaci warstwy, którą osadza się na wewnętrzne elementy konstrukcyjne komory spalania KS, przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania KS i warstwą bufora termicznego BT nanosi się jedną warstwę izolatora termicznego IT.

Przykład 22

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że w komorze spalania KS, między pierwszym buforem termicznym BT i płaszczyzną podziału Pm, umieszcza się drugi, uzupełniający bufor termiczny BT, osadzony na osłonie adiabatycznej OA. Drugi bufor termiczny BT wykonuje się ze zwartego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna wynosi $1,5 \text{ J/cm}^3\text{K}$, współczynnik wyrównania temperatur wynosi $1,7 \text{ cm}^2/\text{s}$, ponadto drugiemu buforowi termicznemu BT nadaje się takie wymiary geometryczne i wykonuje się z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego BT wynosi 100% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania KZ, przy czym porcja ciepła pobierana z zawartości komory spalania KZ wynosi 5% energii dostarczonej do zawartości komory spalania KZ w pojedynczym cyklu pracy silnika, a górna granica czasu przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, jest równa czasowi wykonywania suwów dolotu i sprężania, czyli pokonywania przez wał korbowy kąta obrotu α równego 360° .

Przykład 23

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że w komorze spalania KS umieszcza się bufor termiczny BT w postaci elementu buforującego EB, który wykonany jest z folii zawierającej warstwę, z których górna jest warstwą bufora termicznego BT, środkowa jest warstwą izolatora termicznego IT a dolna jest warstwą spoiwa WS. Warstwę spoiwa WS wytwarza się z materiału izolującego termicznie.

Przykład 24

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że w komorze spalania KS umieszcza się bufor termiczny BT w wykonany w postaci płytki perforowanej, przy czym bufor termiczny BT umieszcza się nad wgłębieniem w głowicy komory spalania KS.

Przykład 25

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że wewnątrz komory spalania KS, powyżej strefy temperatur nadmiarowych TH, w ścianie bocznej komory spalania KS osadza się przewodzącą termicznie ściankę dogrzewaną zewnątrz DD, przy czym w ścianie dogrzewanej zewnątrz DD wykonuje się kanały grzewcze, którymi doprowadza się medium grzewcze, korzystnie spaliny z drugiej komory spalania, przy czym porcją ciepła z drugiej komory spalania wraz z ciepłem zakumulowanym w buforze termicznym BT, dogrzewa się zawartość komory spalania KZ. Ściankę dogrzewaną zewnątrz DD izoluje się termicznie izolatorem termicznym IT od bufora termicznego BT.

Przykład 26

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że bufor termiczny BT umieszcza się w dolnej przestrzeni roboczej komory spalania KS, w strefie temperatur końcowych TK zawartości komory spalania KZ, przy czym dolna przestrzeń robocza usytuowana jest poniżej płaszczyzny podziału Pm równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania KS i wyznaczonej przez położenie denka tłoka KT przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału α , w którym wartość temperatury zawartości komory spalania T ma wartość równą temperaturze podziału Tm. Temperatura podziału Tm jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania T w suwie pracy, przy czym gdy denko tłoka KT przemieszcza się w strefie temperatur końcowych TK, z zawartości komory spalania KZ, czyli spalin, przed ich wydaleniem w suwie wylotu, pobiera się porcję ciepła, którą dogrzewa się ładunek w suwie dolotu i sprężania następnego cyklu pracy silnika, tym samym bufor termiczny BT przygotowuje się do przyjęcia porcji ciepła w suwie pracy następnego cyklu pracy silnika. Bufor termiczny BT wytwarza się z takiego materiału i nadaje się buforowi BT takie wymiary geometryczne, dla których górna granica czasu przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, jest równa czasowi pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej od położenia w kącie podziału α_m do dolnego martwego położenia DMP tłoka KT. Ten bufor termiczny BT wytwarza się z zeolitu, który nawilża się w suwie dolotu i sprężania.

Przykład 27

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym szóstym z tą różnicą, że bufor termiczny BT wytwarza się z takiego materiału i nadaje się buforowi BT takie wymiary geometryczne, dla których górna granica czasu przejmowania porcji ciepła

przez powierzchnię bufora termicznego BT, a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, jest równa czasowi wykonywania suwów dolotu i sprężania, czyli pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej równej 360° .

Przykład 28

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że wewnątrz komory spalania KS, powyżej strefy temperatur nadmiarowych TH, w ścianie bocznej komory spalania KS osadza się przewodzącą termicznie ściankę chłodzoną zewnątrz CH, przy czym w ścianie chłodzonej zewnątrz CH wykonuje się kanały chłodzące, którymi doprowadza się chłodziwo, korzystnie powietrze.

Przykład 29

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą że wewnątrz komory spalania KS osadza się bufor termiczny BT, który wykonuje się z nadstopu niklu, niobu i tantalu z dużą zawartością wolframu, o właściwej objętościowej pojemności cieplnej $2,57 \text{ J/cm}^3\text{K}$ oraz o współczynniku wyrównania temperatur $0,779 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Przykład 30

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą że bufor termiczny BT, osadza się na ścianie bocznej komory spalania KS i scala się go z jej gładzią, a nadto na czterech talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania KS osadza się następne cztery bufony termiczne BT. Bufory termiczne BT wykonuje się w postaci warstwy osadzonej na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania KS, przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania KS i warstwami bufora termicznego BT umieszcza się warstwę izolatora termicznego IT. Powierzchniom bufora termicznego BT przylegającym do zawartości komory spalania KZ nadaje się barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki.

Przykład 31

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie trzydziestym z tą różnicą, że przylegające do zawartości komory spalania KZ powierzchnie buforów termicznych BT, osadzanych na talerzykach zaworów, rozwija się poprzez zmatowienie.

Przykład 32

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie trzydziestym z tą różnicą, że na buforach termicznych BT, osadzanych na talerzykach zaworów, wykonuje się porowatą powierzchnię.

Przykład 33

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie trzydziestym z tą różnicą, że przylegające do zawartości komory spalania KZ powierzchnie buforów termicznych BT, osadzanych na talerzykach zaworów, rozwija się poprzez radełkowanie i nadaje się tym powierzchniom kształt falisty.

Przykład 34

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą że bufor termiczny BT wykonuje się w postaci płytki perforowanej, którą osadza się nad wgłębieniem w głowicy komory spalania KS.

Przykład 35

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą że bufor termiczny BT wykonuje się w postaci siatki, którą osadza się nad wgłębieniem w głowicy komory spalania KS.

Przykład 36

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że bufor termiczny BT wykonuje się z dwóch warstw o różnych właściwościach termicznych i mechanicznych oraz o zmiennej grubości.

Przykład 37

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie trzydziestym szóstym z tą różnicą, że bufony termiczne BT wykonuje się z dwufazowego materiału kompozytowego, w którym ziarna bufora BZ osadza się w plastycznym spoiwie. Ziarna bufora BZ kształtuje się jako nanorurki o przekroju kolistym, które podstawą ustawia się w stronę zawartości komory spalania KZ, przy czym nanorurki wykonuje się z ciężkiego stopu wolframu W-Ni-F, w którym zawartość wolframu wynosi 98%, natomiast jako plastyczne spoiwo stosuje się stop Ni-Fe.

Przykład 38

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie trzydziestym siódmym z tą różnicą, że ziarna bufora BZ kształtuje się jako nanorurki o przekroju sześciokątnym.

Przykład 39

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie trzydziestym z tą różnicą, że na talerzykach zaworów osadza się elementy buforujące EB, które wykonuje się z folii warstwowej, produkowanej oddzielnie. Folię kształtuje się z górnej warstwy bufora termicznego BT, środkowej warstwy izolatora termicznego IT i dolnej warstwy spoiwa WS, przy czym warstwę spoiwa WS wykonuje się z materiału izolacyjnego termicznie. Elementom buforującym EB nadaje się kształt dostosowany do części konstrukcyjnych komory spalania KS, na których się je osadza.

Sposób, według wynalazku, pozwala na powtarzalne cykle buforowania ciepła zaczynające się od górnego martwego położenia GMP tłoka KT na początku suwu pracy do górnego martwego położenia GMP tłoka KT na końcu suwu sprężania następnego cyklu pracy silnika, w którym to cyklu wyrównuje się ciepło w zawartości komory spalania KZ poprzez przemieszczanie porcji ciepła wewnątrz komory spalania KS, ale poza jej zawartością. Porcje ciepła przemieszcza się poprzez bufony termiczne BT, na trzech ścieżkach przemieszczania ciepła, pierwszej S1, drugiej S2 i trzeciej S3. Na pierwszej ścieżce buforowania S1 przemieszcza się ciepło nadmiarowe, na drugiej ścieżce buforowania S2 przemieszcza się ciepło ze spalin, a na trzeciej ścieżce buforowania S3 przemieszcza się ciepło ze spalin drugiej komory spalania, przy czym przemieszczanymi porcjami ciepła dogrzewa się zawartość komory spalania KZ w bieżącym lub w następnym cyklu pracy silnika. Buforowanie ciepła w cyklu od górnego martwego położenia GMP tłoka KT na początku suwu pracy do górnego martwego położenia GMP tłoka KT na końcu suwu sprężania następnego cyklu pracy wykonuje się niezależnie od typu silnika, czyli w silnikach czterosurowych jak i w silnikach dwusurowych, także z zapłonem iskrowym jak i samoczynnym.

W zależności od zadań przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania KS osadza się kilka buforów termicznych BT, w tym na ścianie bocznej komory spalania KS, które scala się z jej gładzią, następne bufony termiczne BT osadza się na częściach konstrukcyjnych głowicy komory spalania KS, także na talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania KS, na denku tłoka KT w postaci płytki perforowanej, lub siatki, lub płaskiego pierścienia. Osadzane bufony termiczne BT kształtuje się w postaci warstw, przy czym warstwy te wytwarza się z materiałów o różnych właściwościach termicznych i/lub mechanicznych w szczególności z metalu wybranego z grupy wolfram, molibden, tytan, chrom, tantal, nikiel, platyna, ren, beryl, wanad i ich stopy lub nadstopy, stopy aluminium i stopy żelaza. Ponadto powierzchnie buforów termicznych BT przylegającej do zawartości komory spalania KZ, nadaje się barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki, jak również powierzchnię bufora termicznego BT rozwija się poprzez zmatowienie, nadanie jej porowatości, lub jej radełkowanie.

Przykład 40

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym pierwszym z tą różnicą, że porcje ciepła przemieszcza się w komorach spalania przykładowego samochodu osobowego, który ma czterocylindrowy silnik czterosurowy czyli cztery komory spalania KS, jedzie przez jedną godzinę przy obrotach silnika w przedziale od 3000 do 6000 obrotów/minutę, przy czym spala paliwo o wartości opałowej 10 kWh/litr, proporcjonalnie do obrotów silnika, w przedziale od pięciu do dziesięciu litrów. W czasie tej godzinnej jazdy, przy obrotach 3000 obrotów/minutę, silnik łącznie wykonuje 180 000 obrotów, czyli w czterech cylindrach razem 360 000 suwów pracy. Każdy cykl pracy silnika trwa 40 ms, w tym suw pracy jako przejście od górnego martwego położenia GMP tłoka KT do dolnego martwego położenia DMP tłoka KT trwa 10 ms, a przepływający przez silnik podczas godzinnej jazdy bez zmiany obrotów, strumień energii wynosi 50 kWh czyli 180 megadżuli. Zatem w każdym jednym suwie pracy przez każdą komorę spalania KS przepływa 500 J energii. Podobnie, przy obrotach 6000 obrotów/minutę, silnik wykonuje dwa razy większą ilość suwów pracy, strumień energii jest dwa razy większy, ale porcja energii przetwarzana w pojedynczym suwie pracy nie zmienia się. Zatem porcja energii przetwarzana w pojedynczym suwie pracy w ustalonym przedziale obrotów, jest niezależna od obrotów silnika i zawsze wynosi 500 J na suw pracy, przy czym czas wykonywania suwu pracy zmienia się w przedziale od 10 ms do 5 ms.

Na podstawie znanego bilansu opisującego uśredniony rozdział strumieni energii w silnikach spalinowych, przyjmuje się, że wyjściowy dla ustalenia parametrów bufora termicznego BT rozkład

przepływów energii w pojedynczym cyklu pracy silnika i w jednej komorze spalania KS wynosi kolejno 30% czyli 150 J na pracę mechaniczną, oraz 10% czyli 50 J na pokonanie sił tarcia i rozrząd. Obie te porcje energii są przekazywane przez tłok KT w wyniku przemiany termodynamicznej. Następnie 30% czyli 150 J wydanych jest wraz ze spalinami oraz 30% czyli 150 J wydane jest przez układ chłodzenia silnika. Zatem w cyklu buforowania ciepła i dla jego ochrony przed wydaleniem do układu chłodzenia, należy w czasie, gdy denko tłoka KT przemieszcza się w strefie temperatur nadmiarowych TH, pobrać z zawartości komory spalania KZ porcję ciepła 150 J. Tę porcję ciepła przemieszcza się na pierwszej ścieżce buforowania S1, fig. 3, którą zaczyna się w strefie temperatur nadmiarowych TH od nagrzania bufora termicznego BT o temperaturze początkowej 350 K, ciepłem z zawartości komory spalania KZ, o temperaturze początkowej 2150 K, przy czym czas przemieszczania ciepła nie może przekraczać czasu przechodzenia denka tłoka KT przez strefę temperatur nadmiarowych TH. Przy długości kątowej strefy temperatur nadmiarowych TH, wynoszącej 24° obrotów wału korbowego i przy obrotach silnika wynoszących 6000 obrotów/min, czas przechodzenia denka tłoka KT przez strefę TH wynosi 0,67 ms.

Czas przemieszczania ciepła wyznacza się jako sumę czasu przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT oraz czasu przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny BT w stanie nieustalonym, przy czym w czasie przechodzenia fali ciepła, bufor termiczny BT wypełniania się przemieszczaną porcją ciepła. Przejmowanie porcji ciepła przez powierzchnię wyznacza się zależnością:

$$Q = q \cdot S \cdot \Delta T \cdot t,$$

gdzie:

Q – przejmowane ciepło [J],

q – współczynnik przejmowania ciepła $\left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$,

S – powierzchnia bufora termicznego BT, jako powierzchnia przejmowania ciepła [cm^2],

ΔT – różnica temperatur [K], przy czym zmienność temperatur przy przepływach ciepła uwzględniono poprzez uśrednianie ich wartości,

t – czas przejmowania ciepła [s].

Przy:

$\Delta T = 1750 \text{ K}$,

$Q = 150 \text{ J}$,

$t = 0,67 \text{ ms}$,

$q = 50000 \frac{W}{K \cdot m^2}$,

wymagana powierzchnia przejmowania ciepła bufora termicznego BT wynosi:

$S = 25 \text{ cm}^2$.

Czas wypełniania bufora termicznego BT pojedynczą porcją ciepła wyznacza się całkowitą pojemnością cieplną bufora termicznego BT, którą dla nagrzewania w stanie nieustalonym przyjmuje się trzykrotnie większą niż dla przepływów stałych. Przy nagrzewaniu się impulsem ciepła, rozkład wartości temperatur wzdłuż drogi fali ciepła jest funkcją drugiego stopnia, a jej całka, którą wyznacza się wartość średnią temperatury bufora termicznego BT, ma współczynnik 1/3. Zatem, przy 30% buforowaniu ciepła, w którym przemieszczana porcja ciepła wynosi 150 J, całkowita pojemność cieplna bufora termicznego BT wynosi $\Delta B = 450 \text{ J}$ i kształtuje się ją następująco:

Bufor termiczny BT wykonuje się z wolframu, dla którego objętościową właściwą pojemność cieplną, wyznacza się zależnością:

$$b = \rho \cdot c_p,$$

gdzie:

b – objętościowa właściwa pojemność cieplna $\left[\frac{J}{cm^3 \cdot K} \right]$,

ρ – gęstość materiału $\left[\frac{g}{cm^3} \right]$,

c_p – ciepło właściwe $\left[\frac{J}{g \cdot K} \right]$.

Przy:

$$\rho = 19,3 \frac{g}{cm^3},$$

$$c_p = 0,133 \frac{J}{g \cdot K},$$

objętościowa właściwa pojemność cieplna materiału bufora termicznego BT wynosi:

$$b = 2,567 \frac{J}{cm^3 K}.$$

Całkowitą pojemność cieplną bufora termicznego BT wyznacza się zależnością:

$$\Delta B = b \cdot x \cdot S \cdot \Delta T,$$

gdzie:

ΔB – całkowita pojemność cieplna [J],

b – objętościowa właściwa pojemność cieplna $\left[\frac{J}{cm^3 K} \right]$,

x – grubość warstwy bufora termicznego BT [mm],

S – powierzchnia bufora termicznego BT, jako powierzchnia przejmowania ciepła [cm²],

ΔT – różnica temperatur [K].

Przy:

$$\Delta B = 450 \text{ J},$$

$$b = 2,567 \frac{J}{cm^3 K},$$

$$S = 25 \text{ cm}^2,$$

$$\Delta T = 1750 \text{ K},$$

wystarczająca grubość warstwy bufora termicznego BT wynosi $x = 0,04 \text{ mm}$.

Dyfuzyjność termiczną czyli współczynnik wyrównywania temperatur w buforze termicznym BT wyznacza się zależnością:

$$a = \frac{\lambda}{b},$$

gdzie:

a – współczynnik wyrównywania temperatur $\left[\frac{cm^2}{s} \right]$,

λ – przewodność cieplna właściwa $\left[\frac{W}{cm K} \right]$,

b – objętościowa właściwa pojemność cieplna $\left[\frac{J}{cm^3 K} \right]$.

Przy:

$$\lambda = 2 \frac{W}{cm K},$$

$$b = 2,567 \frac{J}{cm^3 K},$$

współczynnik wyrównywania temperatur wynosi $a = 0,779 \frac{cm^2}{s}$.

Czas przechodzenia fali ciepła przez warstwę bufora termicznego BT wyznacza się zależnością:

$$t = \frac{x^2}{2a},$$

gdzie:

t – czas przechodzenia fali ciepła [s],

x – grubość warstwy bufora termicznego BT [mm],

a – współczynnik wyrównywania temperatur $\left[\frac{c \cdot m^2}{s} \right]$.

Przy:

$x = 0,1$ mm, którą ze względów technologicznych przyjmuje się większą od wyznaczonej wystarczającej grubości,

$$a = 0,779 \frac{c \cdot m^2}{s},$$

czas przechodzenia fali ciepła przez warstwę bufora termicznego BT wynosi:

$$t = 0,064 \text{ ms.}$$

W tym czasie, przy obrotach silnika 6000 obrotów/minutę, tłok KT pokonuje drogę odpowiadającą kątowi obrotu wału korbowego α równemu $2,3^\circ$. Zatem czas przejmowania ciepła przez powierzchnię bufora termicznego BT jest wielokrotnie dłuższy od czasu wypełniania się bufora termicznego BT falą ciepła, co określa wymiary geometryczne bufora BT. W dalszym ciągu pierwszej ścieżki buforowania S1, gdy denko tłoka KT porusza się poniżej strefy temperatur nadmiarowych TH i wchodzi do strefy intensywnej przemiany TA, a w niej poniżej płaszczyzny podziału Pm, temperatura zawartości komory spalania T w wyniku przemiany termodynamicznej obniża się do wartości w przedziale od 1800 K aż do wartości 1000 K w strefie temperatur końcowych TK. Bufor termiczny BT oddając porcję ciepła wyrównuje swoją temperaturę do temperatur zawartości komory spalania T.

Przemieszczanie porcji ciepła z bufora termicznego BT do zawartości komory spalania KZ wyznacza się zależnością:

$$Q = q \cdot S \cdot \Delta T \cdot t.$$

Przy:

$$q = 25000 \frac{W}{K \cdot m^2},$$

$$S = 25 \text{ cm}^2,$$

$$\Delta T = 400 \text{ K},$$

$t = 4$ ms, jako czas przechodzenia denka tłoka KT poniżej strefy temperatur nadmiarowych TH, zawartość komory spalania KZ w suwie pracy odzyska z bufora termicznego BT porcję ciepła $Q = 100$ J, która razem z ciepłem wewnętrznym zostanie przemieniona na pracę mechaniczną, z założoną sprawnością 50%, wynikającą z drugiej zasady termodynamiki. Pozostałe 50 J ciepła zwiększy ciepło spalin z wartości 150 J do 200 J.

W dolnym martwym położeniu DMP tłoka KT, gdy zaczyna się suw wylotu, bufor termiczny BT zachowuje pozostałą część ciepła $Q = 50$ J, przy temperaturze końcowej w suwie pracy ok. 1000 K. Po wprowadzeniu nowego ładunku, o temperaturze początkowej ok. 300 K, pozostała w buforze termicznym BT porcję ciepła przemieszcza się do nowej zawartości komory spalania KZ, a bufor termiczny BT wychładza się do temperatury początkowej w następnym cyklu buforowania, ok. 350 K.

Przy:

$$q = 20000 \frac{W}{K \cdot m^2},$$

$$S = 25 \text{ cm}^2,$$

$$\Delta T = 350 \text{ K},$$

$t = 8$ ms, jako 80% czasu wykonywania suwu dolotu i suwu sprężania, do nowej zawartości komory spalania KZ w suwie dolotu i suwie sprężania można przemieścić z bufora termicznego BT porcję ciepła nawet do $Q = 140$ J, zatem bufor termiczny BT schładza się z dużą rezerwą dynamiki.

W bilansie wszystkich porcji ciepła w zawartości komory spalania KZ, którym kończy się wszystkie ścieżki przemieszczania ciepła, przemieszczoną z bufora termicznego BT końcową porcją

ciepła $Q = 50 \text{ J}$, łącznie z ciepłem pozyskiwanym ze spalania mieszanki, kształtuje się energię wewnętrzną nowej zawartości komory spalania KZ, w tym ciepło nadmiarowe w następnym suwie pracy, w następnym cyklu buforowania.

Przykład 41

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym szóstym i czterdziestym z tą różnicą, że porcje ciepła przemieszcza się w komorze spalania KS dodatkowo drugą ścieżką buforowania S2, którą zaczyna się, gdy denko tłoka KT zaczyna się przemieszczać w strefie temperatur końcowych TK, gdzie osadzony jest drugi bufor termiczny BT. Wartość temperatury zawartości komory spalania T zmienia się od ok. 1200 K do temperatury końcowej w dolnym martwym położeniu DMP tłoka KT, ok. 1000 K. Temperatura początkowa drugiego bufora termicznego BT ma wartość ok. 350 K, zatem drugi bufor termiczny BT nagrzewa się od zawartości komory spalania KZ, a buforowana porcja ciepła wynosi 75 J, przy czym porcja ciepła przejmowana jest także gdy denko tłoka KT przeszło przez dolne martwe położenie DMP i rozpoczął się suw wylotu. Przy długości strefy temperatur końcowych TK, odpowiadającej kątowi obrotu wału korbowego α wynoszącego ok. 24° przed dolnym martwym położeniem DMP tłoka KT i następne ok. 24° po dolnym martwym położeniu DMP tłoka KT, przy obrotach silnika wynoszących 6000 obrotów/min, czas dwukrotnego przechodzenia denka tłoka KT przez strefę temperatur końcowych TK, wynosi 1,33 ms.

Przy:

$$\Delta T = 650 \text{ K},$$

$$Q = 75 \text{ J},$$

$$t = 1,33 \text{ ms},$$

$$q = 30000 \frac{\text{W}}{\text{K m}^2},$$

wymagana powierzchnia przejmowania ciepła w drugim buforze termicznym BT wynosi $S = 29 \text{ cm}^2$.

Zatem, przy 15% buforowaniu ciepła, przemieszczana porcja ciepła wynosi $Q = 75 \text{ J}$

a całkowita pojemność cieplna bufora termicznego BT wynosi $\Delta B = 225 \text{ J}$.

Bufor termiczny BT wykonuje się ze stopu aluminium.

Przy:

$$q = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3},$$

$$c_p = 0,9 \frac{\text{J}}{\text{g K}},$$

objętościowa właściwa pojemność cieplna materiału bufora termicznego BT wynosi:

$$b = 2,43 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3 \text{ K}}.$$

Drugi bufor termiczny BT nagrzewa się do 1000 K i w suwie wylotu przechowuje przemieszczoną porcję ciepła. Po wprowadzeniu nowego ładunku o temperaturze początkowej ok. 300 K, przechowaną w drugim buforze termicznym BT porcję ciepła $Q = 75 \text{ J}$ przemieszcza się do nowej zawartości komory spalania KZ, a bufor termiczny BT wychładza się do temperatury początkowej w następnym cyklu buforowania, ok. 350 K.

Przy:

$$q = 20000 \frac{\text{W}}{\text{K m}^2},$$

$$S = 29 \text{ cm}^2,$$

$$\Delta T = 350 \text{ K},$$

$$t = 8 \text{ ms}$$

Jako 80% czasu wykonywania suwu dolotu i suwu sprężania, do nowej zawartości komory spalania KZ w suwie dolotu i suwie sprężania można przemieścić z bufora termicznego BT porcję ciepła nawet do $Q = 160 \text{ J}$.

Przy:

$$\Delta B = 225 \text{ J},$$

$$b = 2,43 \frac{J}{cm^3 K},$$

$$S = 29 cm^2,$$

$$\Delta T = 650 K,$$

wystarczająca grubość warstwy bufora termicznego BT wynosi $x = 0,05$ mm.

W bilansie wszystkich porcji ciepła w zawartości komory spalania KZ, którym kończy się wszystkie ścieżki przemieszczania ciepła, przemieszczoną z drugiego bufora termicznego BT porcją ciepła $Q = 75$ J, łącznie z ciepłem pozyskiwanym ze spalania mieszanki i końcową porcją ciepła $Q = 50$ J, przemieszczoną z pierwszego bufora termicznego BT, kształtuje się energię wewnętrzną nowej zawartości komory spalania KZ, w tym ciepło nadmiarowe, z którego w następnym suwie pracy w następnym cyklu buforowania ciepła, odzyskuje się ponownie porcję ciepła $Q = 100$ J.

Zatem, przy przyjętych wartościach temperatur ΔT i współczynnikach przejmowania ciepła q , poprzez umieszczenie w komorze spalania KS dwóch buforów termicznych BT o wystarczającej grubości $x = 0,05$ mm i powierzchniach $S = 25 cm^2$ oraz $S = 29 cm^2$, porcja energii mechanicznej przekazywana przez tłok KT w wyniku przemiany termodynamicznej w pojedynczym suwie pracy, została zwiększona z 200 J do 312 J bez zwiększania dawki paliwa, czyli o porcję energii mechanicznej pozyskaną z 225 J ciepła, w przemianie termodynamicznej o sprawności 50%.

Przykład 42

Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania przebiega jak w przykładzie dwudziestym piątym i czterdziestym pierwszym z tą różnicą, że porcje ciepła przemieszcza się w komorze spalania KS dodatkowo trzecią ścieżką buforowania S3, a ścianka dogrzewana zewnątrz DD osadzona jest w głowicy komory spalania KS. Trzecią ścieżkę buforowania S3 zaczyna się w suwie dolotu następnego cyklu pracy silnika i kończy się w suwie sprężania tego cyklu, przy czym ściankę dogrzewaną zewnątrz DD nagrzewa się spalinami o wartości temperatury 800 K, z drugiej komory spalania. Przy początkowej wartości temperatury 350 K ścianki dogrzewanej zewnątrz DD, porcja ciepła 50 J z doprowadzonych spalin przemieszcza się do ścianki DD, a jednocześnie przemieszczaną porcją ciepła nagrzewa się w czasie suwu dolotu i sprężania, nowy ładunek o temperaturze początkowej ok. 300 K, wprowadzony do komory spalania KS.

Przy:

$$\Delta T = 300 K,$$

$$Q = 50 J,$$

$$t = 10 ms,$$

$$q = 20000 \left[\frac{W}{K m^2} \right],$$

wymagana powierzchnia przejmowania ciepła ze spalin ścianki dogrzewanej zewnątrz DD wynosi $S = 8,3 cm^2$ i jest rozwiniętą łączną powierzchnią wewnętrzną kanałów grzewczych, przylegającą do spalin w ścianie DD, przy czym powierzchnia wewnętrzna kanałów grzewczych jest porowata. Zarazem ścianka dogrzewana zewnątrz DD i kanał spalin DS są oddzielone termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania KS. Wynika to z tego, że w czasie suwu pracy ścianka dogrzewana zewnątrz DD, przylegająca do zawartości komory spalania KZ, dodatkowo, podobnie jak bufor termiczny BT, buforuje część ciepła nadmiarowego, które się chroni.

Przy:

$$\Delta T = 325 K,$$

$$Q = 50 J,$$

$$t = 10 ms,$$

$$q = 20000 \frac{W}{K m^2},$$

wymagana powierzchnia przejmowania ciepła przez zawartość komory spalania KZ czyli powierzchnia ścianki dogrzewanej zewnątrz DD, przylegająca do zawartości komory spalania KZ, wynosi $S = 7,1 cm^2$.

Poprzez przemieszczanie porcji ciepła na trzech ścieżkach buforowania S1, S2 i S3, na koniec cyklu buforowania i początek suwu pracy, ciepło wewnętrzne nowej zawartości komory spalania KZ zostało zwiększone o 175 J. Ponieważ komora spalania KS w silniku dostosowana jest do przemiany

porcji ciepła 500 J, w suwie dolotu obniża się dawkę paliwa, tak aby ilość energii w ładowanej do komory spalania KS mieszance, zmniejszyła się z 500 J do 325 J. Zatem w wewnętrznym bilansie ciepła pojedynczego cyklu pracy silnika w zawartości komory spalania KZ, przemieszczaną w cyklu buforowania stałą porcję ciepła 175 J uzupełnia się w każdym cyklu pracy silnika ciepłem 325 J, pozyskiwanym ze spalania mieszanki. Zarazem w następującym suwie pracy poprzez przemieszczanie porcji ciepła $Q = 100$ J z bufora termicznego BT do zawartości komory spalania KZ na pierwszej ścieżce buforowania S1, porcję energii mechanicznej przekazywanej przez tłok KT zwiększa się z 200 J do 250 J, czyli o porcję pozyskaną z 100 J ciepła, w przemianie termodynamicznej o sprawności 50%. W zewnętrznym bilansie przepływów energii w pojedynczych cyklach pracy silnika, w pojedynczej aktywnej komorze spalania KS, z 325 J energii pozyskiwanej ze spalania mieszanki, uzyskuje się 250 J energii mechanicznej. Następnie 75 J energii jako ciepło wydała się w spalinach. Jest to ciepło, które pozostało z 200 J ciepła gromadzonego w spalinach w suwie pracy, po przemieszczeniu ze spalin do nowej zawartości komory spalania KZ przez drugi bufor termiczny BT porcji 75 J oraz porcji 50 J przemieszczonej do drugiej komory spalania KS, przez ściankę dogrzewaną zewnętrznym DD.

Wykaz oznaczeń na rysunku:

BT – bufor termiczny,
BZ – ziarna bufora,
CC – kanał chłodzenia,
CH – ścianka chłodzona zewnętrznym,
CV – zawór chłodzenia,
DD – ścianka dogrzewana zewnętrznym,
DS – kanał spalin,
DV – zawór spalin,
EB – element buforujący,
IT – izolator termiczny,
KS – komora spalania,
KT – tłok,
KZ – zawartość komory spalania,
NZ – nawilżacz ładunku,
OA – osłona adyabatyczna,
Pm – płaszczyzna podziału,
S1 – pierwsza ścieżka buforowania,
S2 – druga ścieżka buforowania,
S3 – trzecia ścieżka buforowania,
T – temperatura zawartości komory spalania,
TA – strefa intensywnej przemiany,
TH – strefa temperatur nadmiarowych,
TK – strefa temperatur końcowych,
Tm – temperatura podziału,
WS – warstwa spoiwa,
ZP – strefa kształtowania zapłonu,
ZT – strefa zewnętrznego kształtowania temperatury,
 α – kąt obrotu wału korbowego,
 α_m – kąt podziału.

Zastrzeżenia patentowe

1. Aktywna komora spalania silnika tłokowego, która we wnętrzu komory spalania ma co najmniej jeden bufor termiczny przylegający do zawartości komory spalania i jest oddzielony termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) wykonany jest ze zwartego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna jest większa od $1,1 \text{ J/cm}^3\text{K}$, współczynnik wyrównania temperatur jest większy od $0,1 \text{ cm}^2/\text{s}$, i ewentualnie bufor termiczny (BT) wykonany jest z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, ponadto bufor termiczny (BT) ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego (BT) zawiera się w przedziale od 100% do 650% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania (KZ), przy czym porcja ciepła pobierana z zawartości komory spalania (KZ) zawiera się w przedziale od 5% do 90% energii dostarczonej do zawartości komory spalania (KZ) w pojedynczym cyklu pracy silnika.
2. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) jest umieszczony w górnej przestrzeni roboczej komory spalania (KS), korzystnie w strefie temperatur nadmiarowych (TH) zawartości komory spalania (KZ), przy czym górna przestrzeń robocza usytuowana jest powyżej płaszczyzny podziału (Pm) równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania (KS) i wyznaczonej przez położenie denka tłoka (KT) przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału (α_m), w którym wartość temperatury zawartości komory spalania (T) ma wartość równą temperaturze podziału (T_m), przy czym temperatura podziału (T_m) jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania (T) w suwie pracy.
3. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) jest oddzielony termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania (KS), izolatorem termicznym (IT).
4. Komora, według zastrz. 1 i 3, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) osadzony jest na ścianie bocznej komory spalania (KS) i scalony z jej gładzią.
5. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) osadzony jest na częściach konstrukcyjnych głowicy komory spalania (KS) i/lub na talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania (KS).
6. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) wykonany jest w postaci co najmniej jednej warstwy osadzonej na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania (KS), przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania (KS) i warstwami bufora termicznego (BT) umieszczona jest co najmniej jedna warstwa izolatora termicznego (IT).
7. Komora, według zastrz. 6, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) wykonany jest w postaci co najmniej dwóch warstw, przy czym warstwy te wykonane są z materiałów o różnych właściwościach termicznych i/lub mechanicznych.
8. Komora, według zastrz. 7, **znamienna tym**, że co najmniej jedna warstwa bufora termicznego (BT) ma zmienną grubość.
9. Komora, według zastrz. 7, **znamienna tym**, że co najmniej jedna warstwa bufora termicznego (BT) wykonana jest z materiału kompozytowego, korzystnie dwufazowego, w którym ziarna bufora (BZ) są osadzone w plastycznym spoiwie.
10. Komora, według zastrz. 9, **znamienna tym**, że ziarna bufora (BZ) mają postać nanorurek o przekroju kolistym lub sześciokątnym, podstawą zwróconych do zawartości komory spalania (KZ), przy czym nanorurki wykonane są z materiału wybranego z grupy wolfram i ciężkie stopy wolframu W-Ni-Fe lub W-Cu-Ni, w których korzystnie zawartość wolframu wynosi od 90% do 98%.
11. Komora, według zastrz. 9, **znamienna tym**, że plastycznym spoiwem jest metal wybrany z grupy Ni i jego stopy Ni-Fe, Ni-Cu oraz Co.
12. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) wykonany jest z płytki perforowanej, korzystnie siatki, przy czym bufor termiczny (BT) umieszczony jest nad wgłębieniem w głowicy komory spalania (KS).
13. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że we wnętrzu komory spalania (KS) ma co najmniej jeden element buforujący (EB) wykonany z folii zawierającej co najmniej dwie warstwy, z których co najmniej jedna górna jest warstwą bufora termicznego (BT), co naj-

- mniej jedna środkowa jest warstwą izolatora termicznego (IT) i co najmniej jedna dolna jest warstwą spoiwa (WS).
14. Komora, według zastrz. 13, **znamienna tym**, że warstwa spoiwa (WS) wykonana jest z materiału izolacyjnego termicznie.
 15. Komora, według zastrz. 13, **znamienna tym**, że element buforujący (EB) ma kształt dostosowany do części konstrukcyjnych komory spalania (KS), na których jest osadzany.
 16. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że powierzchnia bufora termicznego (BT) przylegająca do zawartości komory spalania (KZ) ma barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki.
 17. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania (KZ), przy czym powierzchnia ta jest zmatowiona.
 18. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania (KZ), przy czym powierzchnia ta jest porowata.
 19. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania (KZ), przy czym powierzchnia ta jest radełkowana, korzystnie falista.
 20. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że komora spalania (KS) wyposażona jest w osłonę adyabatyczną (OA), korzystnie usytuowaną wokół strefy temperatur nadmiarowych (TH), strefy intensywnej przemiany (TA) i ewentualnie strefy temperatur końcowych (TK).
 21. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że wewnątrz komory spalania (KS), powyżej strefy temperatur nadmiarowych (TH) osadzona jest przewodząca termicznie ścianka dogrzewana zewnątrz (DD), korzystnie ścianka dogrzewana zewnątrz (DD) osadzona jest w ścianie bocznej komory spalania (KS) i/lub w głowicy komory spalania (KS), przy czym ścianka dogrzewana zewnątrz (DD) ma układ kanałów grzewczych, którego wejście jest połączone kanałem spalin (DS) z wydechem drugiej komory spalania, natomiast wyjście układu kanałów grzewczych, jest połączone z układem wydechu silnika, korzystnie kanał spalin (DS) wyposażony jest w zawór spalin (DV).
 22. Komora, według zastrz. 21, **znamienna tym**, że ścianka dogrzewana zewnątrz (DD) jest odizolowana termicznie, korzystnie izolatorem termicznym (IT) od bufora termicznego (BT).
 23. Komora, według zastrz. 21, **znamienna tym**, że ścianka dogrzewana zewnątrz (DD) i bufor termiczny (BT) są zazębione, korzystnie granica pomiędzy ścianką dogrzaną zewnątrz (DD) i buforem termicznym (BT) jest falista.
 24. Komora, według zastrz. 21, **znamienna tym**, że ścianka dogrzewana zewnątrz (DD) i kanał spalin (DS) są oddzielone termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania (KS).
 25. Komora, według zastrz. 21, **znamienna tym**, że ścianka dogrzewana zewnątrz (DD) ma kanały grzewcze, które mają rozwiniętą powierzchnię wewnętrzną przylegającą do spalin, korzystnie powierzchnia wewnętrzna kanałów grzewczych jest porowata.
 26. Komora, według zastrz. 1 i 2, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego (BT), a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny (BT) w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej (α) równej 360° , korzystnie drogi kątovej (α) wału korbowego pokonywanej od górnego martwego położenia (GMP) tłoka (KT) do położenia w kącie podziału (α_m).
 27. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) jest wykonany z metalu wybranego z grupy wolfram, molibden, tytan, chrom, tantal, nikiel, platyna, ren, beryl, wanad i ich stopy lub nadstopy, stopy aluminium i stopy żelaza.
 28. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że wewnątrz komory spalania (KS), powyżej strefy temperatur nadmiarowych (TH) osadzona jest przewodząca termicznie ścianka chłodzona zewnątrz (CH), korzystnie ścianka chłodzona zewnątrz (CH) osadzona jest w ścianie bocznej komory spalania (KS), przy czym ścianka chłodzona zewnątrz (CH) ma układ kanałów chłodzących, którego dopływ jest połączony kanałem chłodzenia (CC) poprzez zawór chłodzenia (CV) z pompą chłodziwa, zaś odpływ połączony jest z dopływem zwrotnym układu chłodzenia, ponadto pomiędzy ścianką chłodzoną zewnątrz (CH) a dol-

- nym martwym położeniem (DMP) tłoka (KT), ma osłonę adyabatyczną (O A) usytuowaną wokół komory spalania (KS).
29. Komora, według zastrz. 28, **znamienna tym**, że ścianka chłodzona zewnętrznie (CH) jest chłodzona powietrzem.
 30. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) jest umieszczony w dolnej przestrzeni roboczej komory spalania (KS), korzystnie w strefie temperatur końcowych (TK) zawartości komory spalania (KZ), przy czym dolna przestrzeń robocza usytuowana jest poniżej płaszczyzny podziału (Pm) równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania (KS) i wyznaczonej przez położenie denka tłoka (KT) przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału (α_m), w którym wartość temperatury zawartości komory spalania (T) ma wartość równą temperaturze podziału (T_m), przy czym temperatura podziału (T_m) jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania (T) w suwie pracy.
 31. Komora, według zastrz. 1 i 30, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego (BT), a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny (BT) w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątowej (α) równej 360° , korzystnie drogi kątowej (α) wału korbowego pokonywanej od położenia w kącie podziału (α_m) do dolnego martwego położenia (DMP) tłoka (KT).
 32. Komora, według zastrz. 30, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) jest wykonany z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, przy czym komora spalania wyposażona jest w nawilżacz ładunku (NZ), korzystnie usytuowany w układzie dolotowym silnika.
 33. Komora, według zastrz. 30, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) jest usytuowany w strefie temperatur końcowych (TK), przy czym w pozycji tłoka (KT) w górnym martwym położeniu (GMP), co najmniej część powierzchni bufora termicznego (BT) przylega do oleju lub mgły olejowej w skrzyni korbowej silnika.
 34. Komora, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że na denku tłoka (KT) osadzony jest co najmniej jeden bufor termiczny (BT) przylegający do zawartości komory spalania (KZ).
 35. Komora, według zastrz. 34, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) w postaci płytki perforowanej, korzystnie siatki, osadzony jest nad wgłębieniami w denku tłoka (KT).
 36. Komora, według zastrz. 34, **znamienna tym**, że bufor termiczny (BT) ma kształt płaskiego pierścienia.
 37. Sposób przemieszczania ciepła w aktywnej komorze spalania, który polega na umieszczeniu w przestrzeni roboczej komory spalania bufora termicznego, **znamienny tym**, że między kolejnymi cyklami pracy silnika z zawartości komory spalania (KZ) w cyklu buforowani przemieszcza się porcje ciepła nadmiarowego do nowej zawartości komory spalania (KZ), a następnie w cyklu pracy silnika ciepło wewnętrzne nowej zawartości komory spalania (KZ) uzupełnia się porcją ciepła pozyskiwaną ze spalania mieszanki, przy czym we wnętrzu komory spalania (KS) umieszcza się co najmniej jeden bufor termiczny (BT) przylegający do zawartości komory spalania (KZ), który oddziela się termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania (KS), a miejsca osadzania bufora termicznego (BT) wyznacza się odpowiednio do ustalonych w komorze spalania (KS) dla suwu pracy, od górnego martwego położenia (GMP) do dolnego martwego położenia (DMP) tłoka (KT), stref termicznego oddziaływania na zawartość komory spalania (KZ) czyli strefy kształtowania zapłonu (ZP), strefy zewnętrznego kształtowania temperatury (ZT), strefy temperatur nadmiarowych (TH), strefy intensywnej przemiany (TA) i strefy temperatur końcowych (TK), przy czym bufor termiczny (BT) wytwarza się ze zwanego materiału, którego właściwa objętościowa pojemność cieplna jest większa od $1,1 \text{ J/cm}^3\text{K}$, współczynnik wyrównania temperatur jest większy od $0,1 \text{ cm}^2/\text{s}$, i ewentualnie bufor termiczny (BT) wytwarza się z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, ponadto bufor termiczny (BT) ma takie wymiary geometryczne i wykonany jest z takiego materiału, dla których wartość całkowitej pojemności cieplnej bufora termicznego (BT) zawiera się w przedziale od 100% do 650% wartości porcji ciepła pobieranej z zawartości komory spalania (KZ), przy czym z zawartości komory spalania (KZ) buforem termicznym (BT) pobiera się porcję ciepła w ilości od 5% do 90% energii dostarczonej do zawartości komory spalania (KZ) w pojedynczym cyklu pracy silnika, po czym w tym samym cyklu pracy silnika, korzystnie gdy denko tłoka (KT) przemieszcza się w strefie intensywnej

- przemiany (TA), po obniżeniu się temperatury zawartości komory spalania (KZ) w wyniku przemiany termodynamicznej, ciepłem zakumulowanym w buforze termicznym (BT) dogrzewa się zawartość komory spalania (KZ), a po zakończeniu suwu pracy, ciepłem które pozostało w buforze termicznym (BT) dogrzewa się ładunek w suwie dolotu i sprężania, następnego cyklu pracy silnika, tym samym bufor termiczny (BT) przygotowuje się do przyjęcia porcji ciepła w suwie pracy, przy czym cykl buforowania czyli nagrzania i wychłodzenia bufora termicznego (BT) zaczyna się od górnego martwego położenia (GMP) tłoka (KT) rozpoczynającego suw pracy, a kończy się w górnym martwym położeniu (GMP) tłoka (KT) kończącym suw sprężania następnego cyklu pracy silnika.
38. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) umieszcza się w górnej przestrzeni roboczej komory spalania (KS), korzystnie w strefie temperatur nadmiarowych (TH) zawartości komory spalania (KZ), przy czym górna przestrzeń robocza usytuowana jest powyżej płaszczyzny podziału (P_m) równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania (KS) i wyznaczonej przez położenie denka tłoka (KT) przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału (α_m), w którym wartość temperatury zawartości komory spalania (T) ma wartość równą temperaturze podziału (T_m), przy czym temperatura podziału (T_m) jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania (T) w suwie pracy.
39. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) oddziela się termicznie od części konstrukcyjnych komory spalania (KS), izolatorem termicznym (IT).
40. Sposób, według zastrz. 37 i 38, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) osadza się na ścianie bocznej komory spalania (KS) i scala z jej gładzią.
41. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) osadza się na częściach konstrukcyjnych głowicy komory spalania (KS) i/lub na talerzykach zaworów od strony wnętrza komory spalania (KS).
42. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) wytwarza się w postaci co najmniej jednej warstwy, którą osadza się na wewnętrznych elementach konstrukcyjnych komory spalania (KS), przy czym pomiędzy elementami konstrukcyjnymi komory spalania (KS) i warstwami bufora termicznego (BT) nanosi się co najmniej jedną warstwę izolatora termicznego (IT).
43. Sposób, według zastrz. 42, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) wytwarza się w postaci co najmniej dwóch warstw, przy czym warstwy te wytwarza się z materiałów o różnych właściwościach termicznych i/lub mechanicznych.
44. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że w komorze spalania (KS) umieszcza się bufor termiczny (BT) wykonany w postaci płytki perforowanej, korzystnie siatki, przy czym bufor termiczny (BT) umieszcza się nad wgłębieniem w głowicy komory spalania (KS).
45. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że we wnętrzu komory spalania (KS) umieszcza się co najmniej jeden element buforujący (EB) wykonany z folii zawierającej co najmniej dwie warstwy, z których co najmniej jedna górna jest warstwą bufora termicznego (BT), co najmniej jedna środkowa jest warstwą izolatora termicznego (IT) i co najmniej jedna dolna jest warstwą spoiwa (WS).
46. Sposób, według zastrz. 45, **znamienny tym**, że warstwę spoiwa (WS) wytwarza się z materiału izolującego termicznie.
47. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że w komorze spalania (KS) umieszcza się bufor termiczny (BT), którego powierzchnia przylegająca do zawartości komory spalania (KZ) ma barwę i strukturę przystosowaną do absorpcji energii błysku z zapalanej mieszanki.
48. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że w komorze spalania (KS) umieszcza się bufor termiczny (BT), który ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania (KZ), przy czym powierzchnia ta jest zmatowiona.
49. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że w komorze spalania (KS) umieszcza się bufor termiczny (BT), który ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania (KZ), przy czym powierzchnia ta jest porowata.
50. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że w komorze spalania (KS) umieszcza się bufor termiczny (BT), który ma rozwiniętą powierzchnię przylegającą do zawartości komory spalania (KZ), przy czym tę powierzchnię radełkuje się, korzystnie nadaje się jej kształt falisty.

51. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że komorę spalania (KS) osłania się osłoną adiabaticzną (OA), korzystnie usytuowaną wokół strefy temperatur nadmiarowych (TH), strefy intensywnej przemiany (TA) i ewentualnie w strefy temperatur końcowych (TK).
52. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że wewnątrz komory spalania (KS), powyżej strefy temperatur nadmiarowych (TH) osadza się przewodzącą termicznie ściankę dogrzewaną zewnętrznie (DD), korzystnie ściankę dogrzewaną zewnętrznie (DD) osadza się w ścianie bocznej komory spalania (KS) i/lub w głowicy komory spalania (KS), przy czym w ścianie dogrzewanej zewnętrznie (DD) wykonuje się kanały grzewcze, którymi doprowadza się medium grzewcze, korzystnie spaliny z drugiej komory spalania, przy czym porcją ciepła z drugiej komory spalania dogrzewa się zawartość komory spalania (KZ).
53. Sposób, według zastrz. 50, **znamienny tym**, że ściankę dogrzewaną zewnętrznie (DD) izoluje się termicznie, korzystnie izolatorem termicznym (IT) od bufora termicznego (BT).
54. Sposób, według zastrz. 37 i 38, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) wytwarza się z takiego materiału i o takich wymiarach geometrycznych, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego (BT), a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny (BT) w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej (α) równej 360° , korzystnie drogi kątovej (α) wału korbowego pokonywanej od górnego martwego położenia (GMP) tłoka (KT) do położenia w kącie podziału (α_m).
55. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) wytwarza się z metalu wybranego z grupy wolfram, molibden, tytan, chrom, tantal, nikiel, platyna, ren, beryl, wanad i ich stopy lub nadstopy, stopy aluminium i stopy żelaza.
56. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że wewnątrz komory spalania (KS), powyżej strefy temperatur nadmiarowych (TH) osadza się przewodzącą termicznie ściankę chłodzoną zewnętrznie (CH), korzystnie ściankę chłodzoną zewnętrznie (CH) osadza się w ścianie bocznej komory spalania (KS), przy czym w ścianie chłodzonej zewnętrznie (CH) wykonuje się kanały chłodzące, którymi doprowadza się chłodziwo, korzystnie powietrze.
57. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) umieszcza się w dolnej przestrzeni roboczej komory spalania (KS), korzystnie w strefie temperatur końcowych (TK) zawartości komory spalania (KZ), przy czym dolna przestrzeń robocza usytuowana jest poniżej płaszczyzny podziału (Pm) równoległej do geometrycznej podstawy komory spalania (KS) i wyznaczonej przez położenie denka tłoka (KT) przy kątowym położeniu wału korbowego równemu kątowi podziału (α_m), w którym wartość temperatury zawartości komory spalania (T) ma wartość równą temperaturze podziału (T_m), przy czym temperatura podziału (T_m) jest równa średniej temperaturze zawartości komory spalania (T) w suwie pracy, przy czym gdy denko tłoka (KT) przemieszcza się w strefie temperatur końcowych (TK), z zawartości komory spalania (KZ), czyli spalin, przed ich wydaleniem w suwie wylotu, pobiera się porcję ciepła, którym dogrzewa się ładunek w suwie dolotu i sprężania następnego cyklu pracy silnika, tym samym bufor termiczny (BT) przygotowuje się do przyjęcia porcji ciepła w suwie pracy.
58. Sposób, według zastrz. 37 i 57, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) wytwarza się z takiego materiału i ma takie wymiary geometryczne, dla których czas przejmowania porcji ciepła przez powierzchnię bufora termicznego (BT), a następnie przechodzenia fali ciepła przez bufor termiczny (BT) w stanie nieustalonym, jest równy lub mniejszy od czasu pokonywania przez wał korbowy drogi kątovej (α) równej 360° , korzystnie drogi kątovej (α) wału korbowego pokonywanej od położenia w kącie podziału (α_m) do dolnego martwego położenia (DMP) tłoka (KT).
59. Sposób, według zastrz. 57, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) wytwarza się z materiału o właściwościach zeolitu, korzystnie zeolitu, który nawilża się w suwie dolotu i sprężania.
60. Sposób, według zastrz. 57, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) umieszcza się w strefie temperatur końcowych (TK), a gdy denko tłoka (KT) przemieszcza się przy górnym martwym położeniu (GMP), ciepłem zakumulowanym w buforze termicznym (BT) podgrzewa się olej lub mgłę olejową w skrzyni korbowej silnika.
61. Sposób, według zastrz. 37, **znamienny tym**, że na denku tłoka (KT) osadza się co najmniej jeden bufor termiczny (BT) przylegający do zawartości komory spalania (KZ).

62. Sposób, według zastrz. 61, **znamienny tym**, że bufor termiczny (BT) w postaci płytki perforowanej, korzystnie siatki, osadza się nad wgłębieniami w denku tłoka (KT).
63. Sposób, według zastrz. 61, **znamienny tym**, że na denku tłoka (KT) osadza się bufor termiczny (BT) o kształcie płaskiego pierścienia.

Rysunki

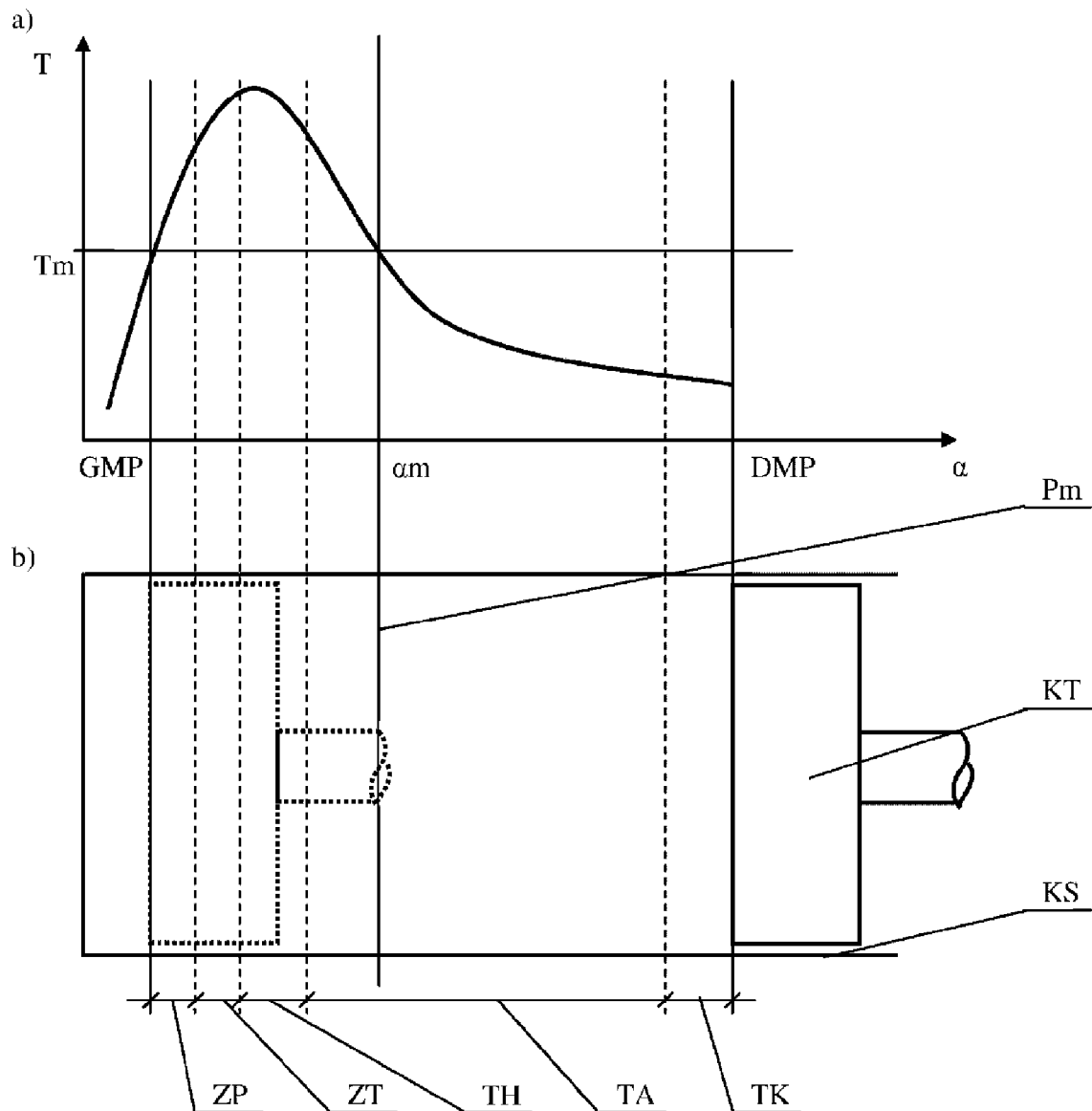


Fig. 1

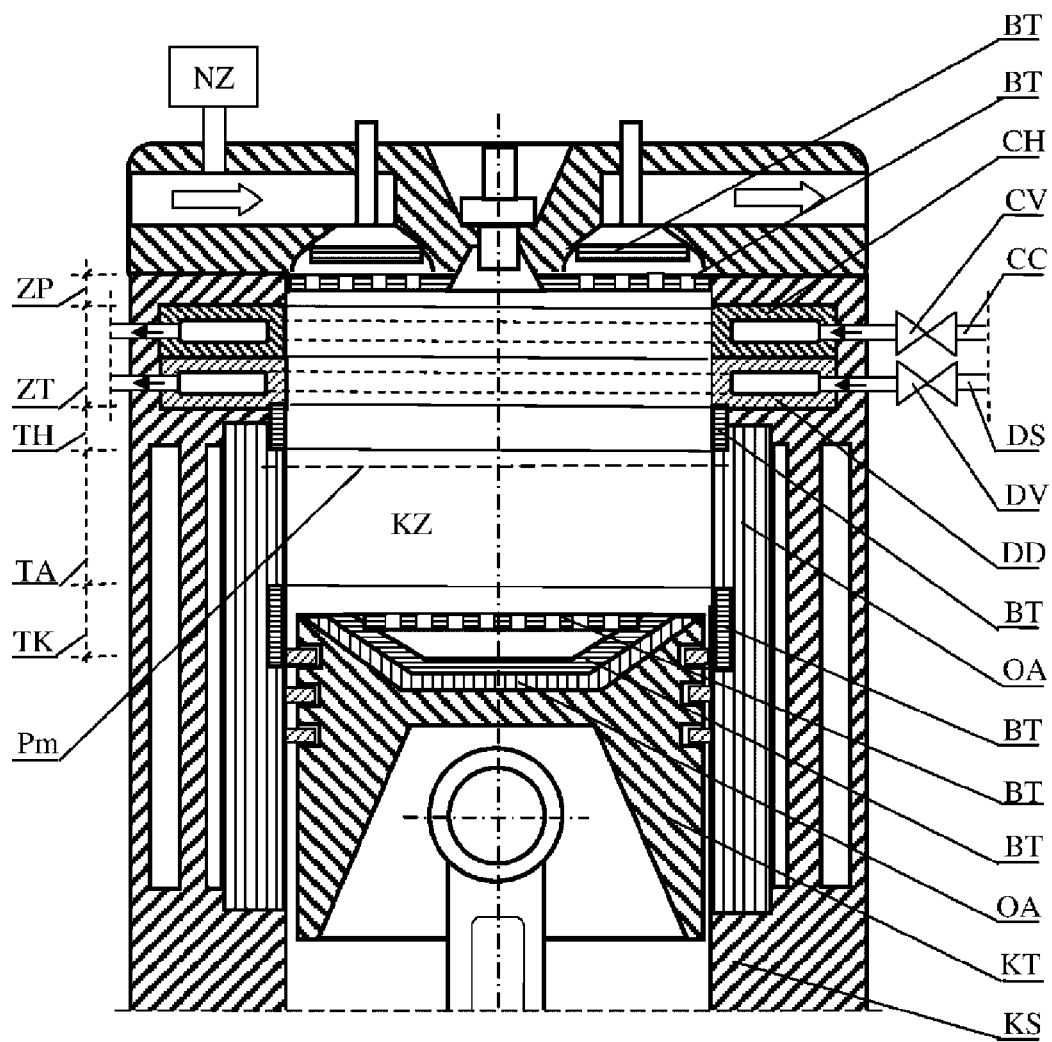


Fig.2

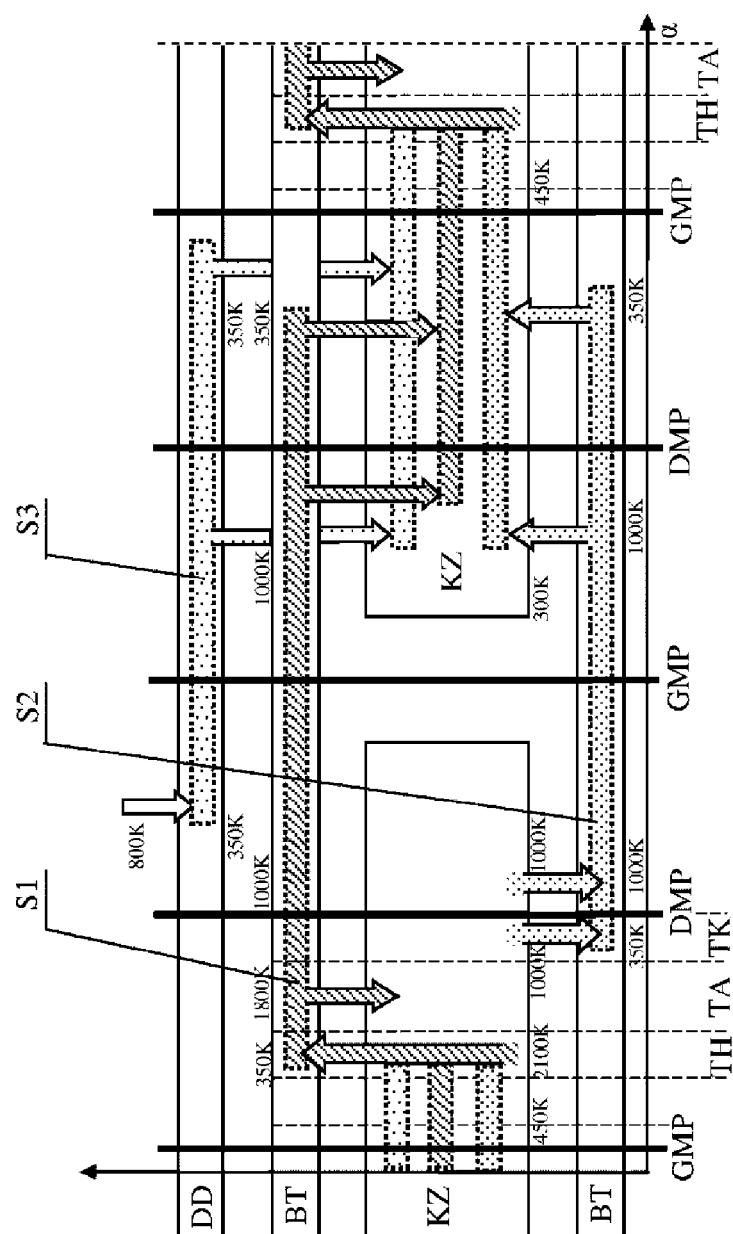


Fig. 3

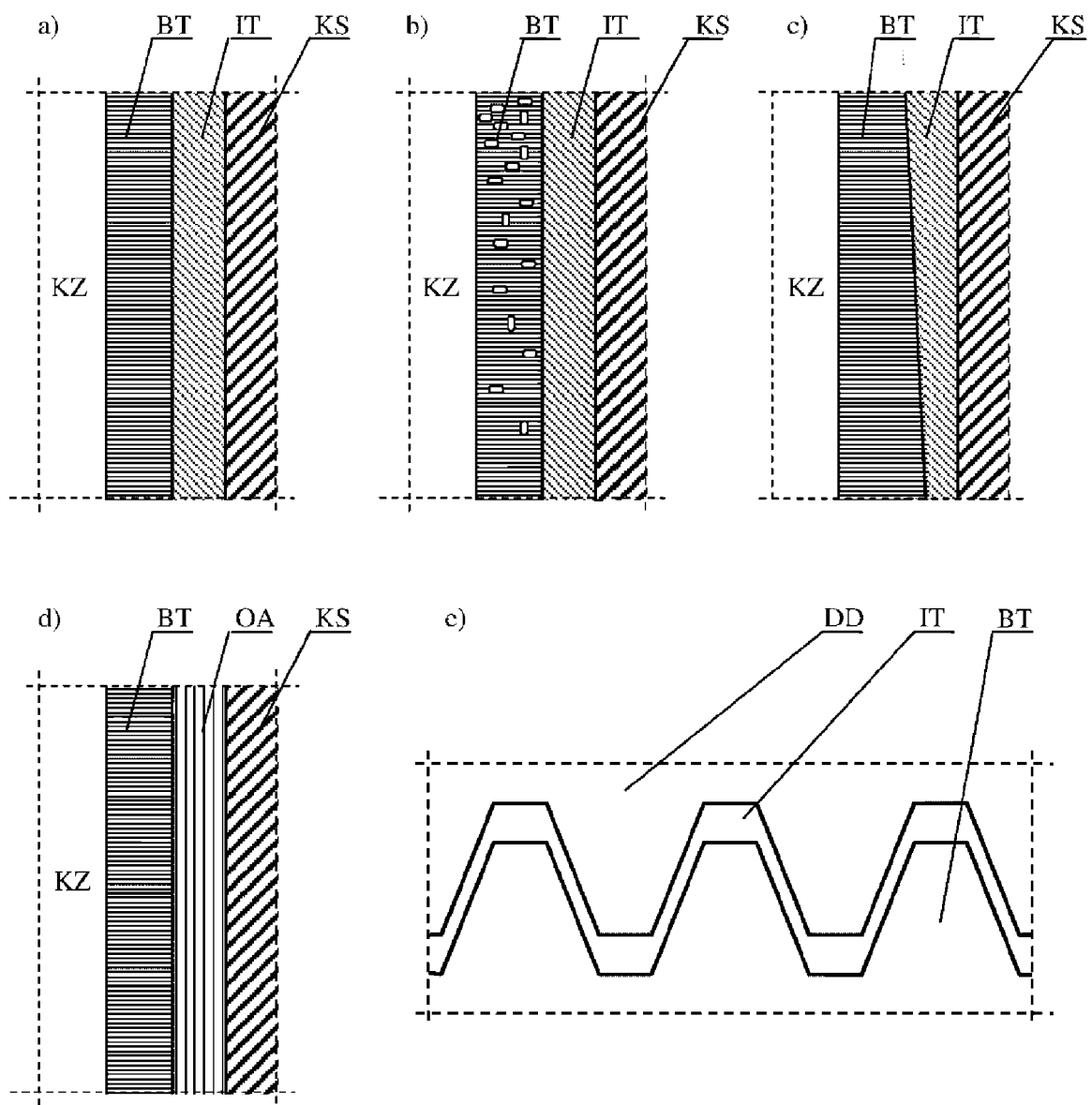


Fig. 4

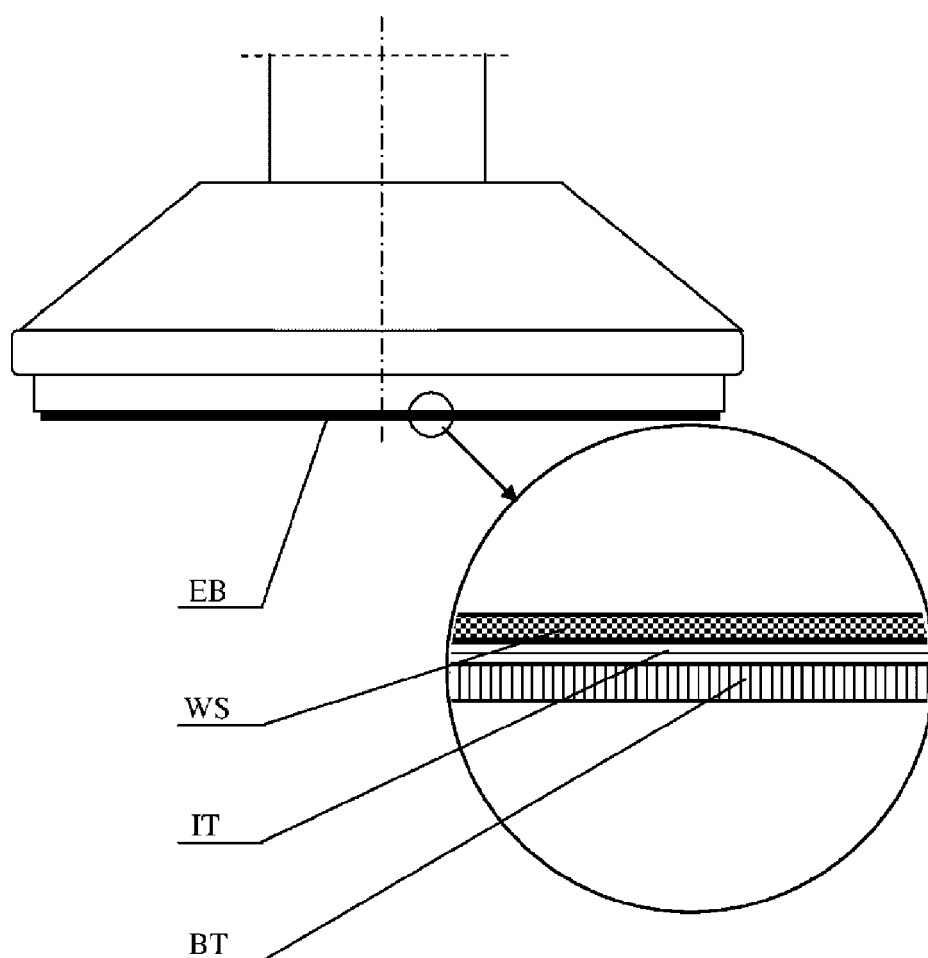
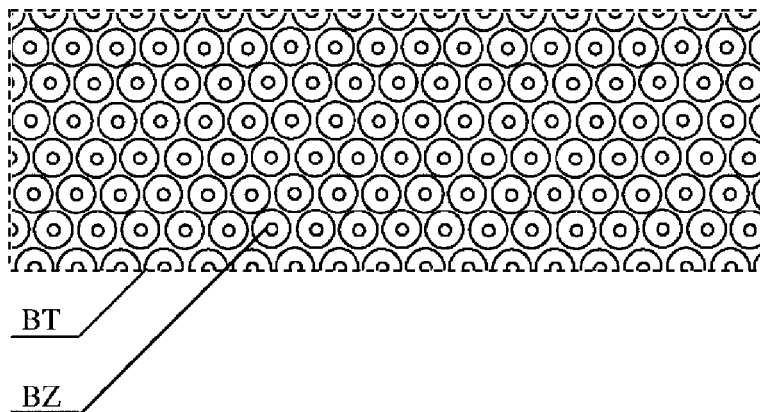


Fig. 5

a)



b)

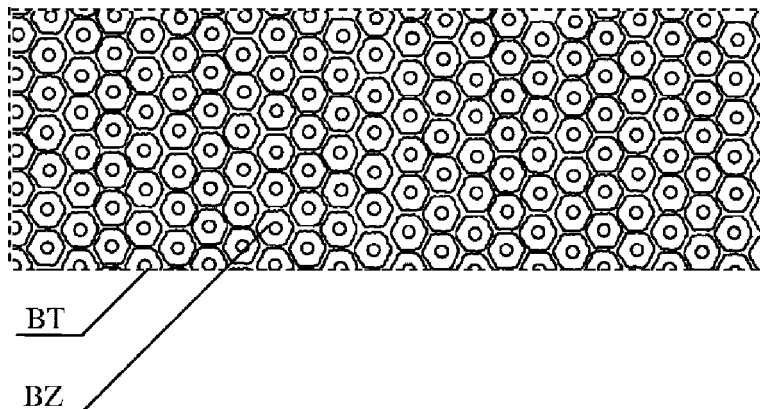


Fig. 6