



(51) МПК
F02B 23/06 (2006.01)
F02B 33/22 (2006.01)
F02B 41/00 (2006.01)
F02F 3/26 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011145080/06, 29.03.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 29.03.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 07.04.2009 US 61/167,270
 15.04.2009 US 61/169,395
 11.03.2010 US 12/722,500

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2013 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 20.01.2014 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 4050420 A, 27.09.1977. US 1389337 A, 30.08.1921. US 2005155344 A, 21.07.2005. US 2006102141 A, 18.05.2006. RU 2306445 C2, 20.09.2007. SU 116196 A, 30.09.1984.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 07.11.2011

(86) Заявка РСТ:
 US 2010/029029 (29.03.2010)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2010/117713 (14.10.2010)

Адрес для переписки:

119019, Москва, Гоголевский б-р, 11, 3-й этаж, "Гоулингз Интернэшнл Инк."

(72) Автор(ы):

ФИЛЛИПС Форд (US)

(73) Патентообладатель(и):

СКАДЕРИ ГРУПІ, ЭлЭлСи (US)

RU 2 504 670 C2

RU 2 504 670 C2

(54) ДВИГАТЕЛЬ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЦИКЛОМ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в двигателе внутреннего сгорания. Двигатель с расщепленным циклом (10) содержит коленчатый вал, цилиндр (14) расширения, имеющий осевую линию (62), поршень (30) расширения, имеющий верхнюю поверхность и внешний периметр, головку (33) цилиндра, расположенную поверх цилиндра (14) расширения, так что нижняя поверхность головки (33) цилиндра обращена к верхней поверхности (50) поршня (30) расширения.

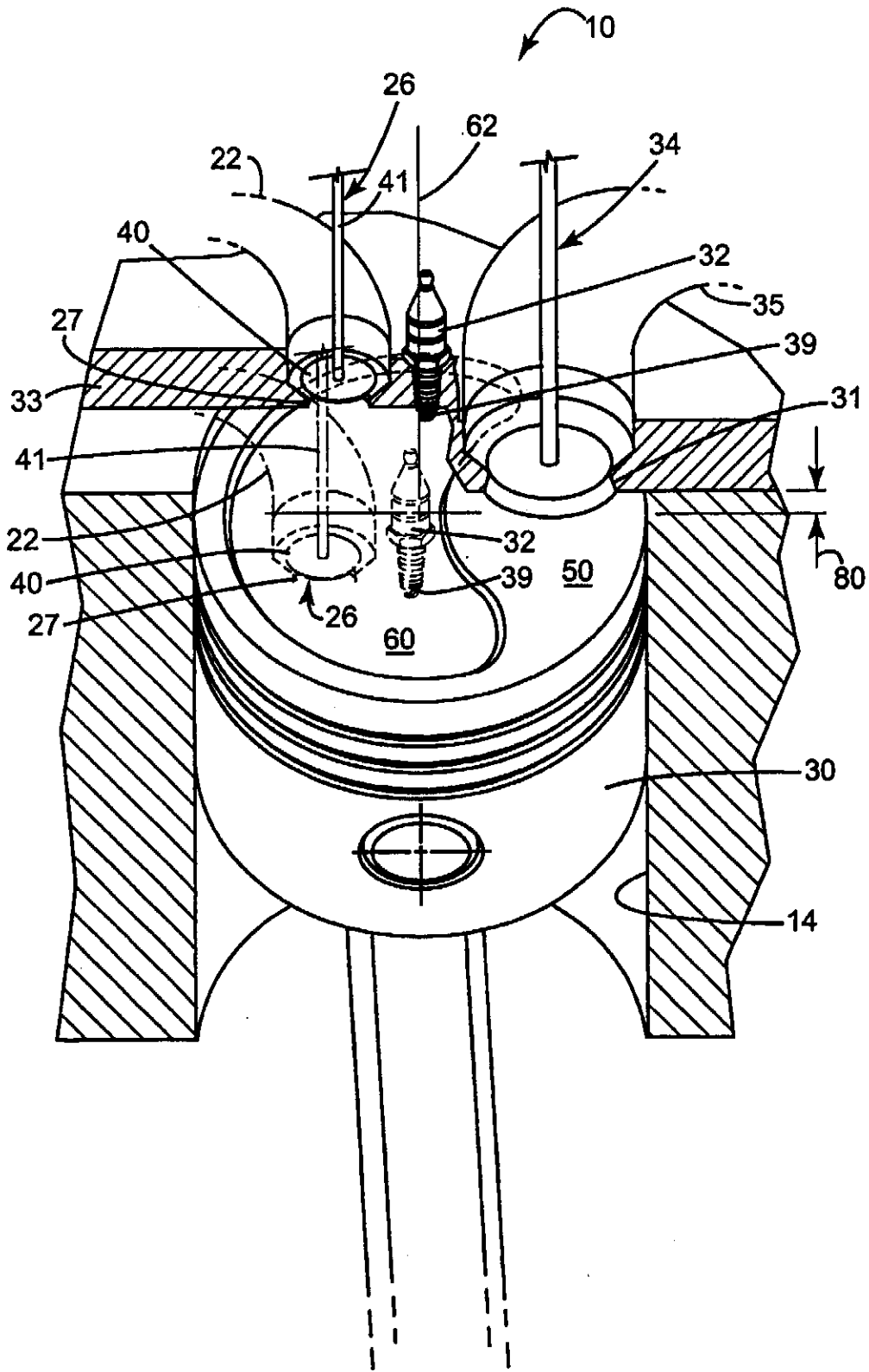
Головка (33) цилиндра содержит выпуск (27) переходного канала и впуск выпускного канала. Впуск выпускного канала и выпуск (27) переходного канала расположены рядом с цилиндром (14) расширения. Переходный канал (22) соединяет источник газа под высоким давлением с цилиндром (14) расширения через выпуск (27) переходного канала. Переходный расширительный клапан (26) расположен в выпуске (27) переходного канала, обеспечивая связь между переходным каналом (22) и цилиндром (14)

расширения в течение части такта расширения. Выпускной клапан (34) расположен во впуске (31) выпускного канала. Выпускной клапан (34) обеспечивает связь с цилиндром (14) расширения или от него через впуск (31) выпускного канала в течение части такта расширения. Выемка (60) расположена в верхней поверхности (50) поршня (30) расширения и содержит нижнюю поверхность. Участок выемки (60) перекрывает участок выпуска (27) переходного канала. Участок выпуска (31) выпускного канала не перекрывает никакой участок выемки (60). Глубина выемки в диапазоне ориентировочно от 1,0 до 3,0 раз превышает зазор поршня расширения. Зазор поршня расширения представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии,

параллельной осевой линии (62), между верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения и нижней поверхностью головки (33) цилиндра, когда поршень (30) расширения находится в его положении верхней мертвой точки. Глубина выемки представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между нижней поверхностью выемки (60) и верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения. Раскрыт вариант выполнения двигателя. Технический результат заключается в улучшении распределения топлива по всему цилиндру расширения и обеспечении оптимального соотношения топливовоздушной смеси над свечами зажигания. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2504670 C2

RU 2504670 C2



Фиг. 3

Область применения изобретения

Настоящее изобретение в общем имеет отношение к выполнению поршня двигателя внутреннего сгорания. Более конкретно, настоящее изобретение имеет отношение к
5 серповидной выемке в верхней части поршня расширения двигателя с расщепленным циклом.

Предпосылки к созданию изобретения

Для большей ясности, приведем определение термина "стандартный поршневой двигатель внутреннего сгорания" (стандартный двигатель), который использован в
10 описании настоящего изобретения для обозначения двигателя внутреннего сгорания, в котором все четыре такта хорошо известного цикла Отто (то есть такт впуска (или такт всасывания), такт сжатия, такт расширения (или рабочий такт) и такт выпуска) заключены в каждой комбинации поршень/цилиндр двигателя. Каждый такт требует
15 половину оборота коленчатого вала (угол поворота коленчатого вала (CA) составляет 180 градусов), причем два полных оборота коленчатого вала (720 градусов CA) требуются для завершения полного цикла Отто в каждом цилиндре стандартного двигателя.

Кроме того, для большей ясности, далее приводится определение термина
20 «двигатель с расщепленным циклом», которое может быть применено как к известным ранее двигателям, так и к двигателям в соответствии с настоящим изобретением.

Двигатель с расщепленным циклом в соответствии с этим определением содержит:
25 коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно оси коленчатого вала;

поршень сжатия, введенный в цилиндр сжатия с возможностью скольжения и оперативно соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает
30 возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала;

поршень расширения (силовой поршень), введенный в цилиндр расширения (в силовой цилиндр) с возможностью скольжения и оперативно соединенный с коленчатым валом, так что поршень расширения совершает возвратно-
35 поступательное движение в течение такта расширения (рабочего такта) и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала; и

переходный канал (проход), соединяющий цилиндр расширения и цилиндр сжатия, причем переходный канал содержит по меньшей мере расположенный в нем
40 переходный клапан расширения (XovrE клапан), но преимущественно содержит переходный клапан сжатия (XovrC клапан) и клапан расширения (XovrE клапан), образующие между собой напорную камеру.

В патентах США № 6,543,225 и № 6,952,923, которые включены в данное описание в качестве ссылки, содержится подробное обсуждение двигателей с расщепленным
45 циклом и других двигателей аналогичного типа. Кроме того, в этих патентах раскрыты детали предыдущих вариантов двигателей, дальнейшее совершенствование которых описано в настоящем изобретении.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг.1, на которой показан известный двигатель с расщепленным циклом, аналогичный описанному в указанных патентах,
50 обозначенный позицией 8. Двигатель 8 с расщепленным циклом заменяет два смежных цилиндра стандартного двигателя комбинацией одного цилиндра 12 сжатия и одного цилиндра 14 расширения. Головка 33 цилиндра типично расположена поверх открытого конца цилиндров 12, 14 сжатия и расширения, чтобы закрывать и

герметизировать цилиндры.

Четыре такта цикла Отто "расщепляются" между двумя цилиндрами 12 и 14, так что цилиндр сжатия 12, вместе с его поршнем 20 сжатия, осуществляет такты впуска и сжатия, а цилиндр 14 расширения, вместе с его поршнем 30 расширения, осуществляет такты расширения и выпуска. Таким образом, цикл Отто завершается в этих двух цилиндрах 12, 14 за один оборот коленчатого вала 16 (360 градусов CA) вокруг оси 17 коленчатого вала.

Во время такта впуска, входной (всасываемый) воздух всасывается в цилиндр 12 сжатия через впускной канал 19, расположенный в головке 33 цилиндра. Открываемый внутрь (внутри в цилиндр) тарельчатый впускной клапан 18 управляет связью между впускным каналом 19 и цилиндром 12 сжатия.

Во время такта сжатия, поршень 20 сжатия сжимает заряд воздуха и толкает заряд воздуха в переходный канал (или проход) 22, который типично расположен в головке 33 цилиндра. Это означает, что цилиндр 12 сжатия и поршень 20 сжатия представляют собой источник газа высокого давления, поступающего в переходный канал 22, который действует как впускной канал для цилиндра 14 расширения. В некоторых конструктивных вариантах, два или несколько переходных каналов 22 соединяют цилиндр 12 сжатия и цилиндр 14 расширения.

Объемную степень сжатия цилиндра 12 сжатия двигателя 10 с расщепленным циклом (и вообще двигателей с расщепленным циклом) обычно называют "степенью сжатия" двигателя с расщепленным циклом. Объемную степень сжатия цилиндра 14 расширения двигателя с расщепленным циклом 10 (и вообще двигателей с расщепленным циклом) обычно называют "степенью расширения" двигателя с расщепленным циклом. Объемная степень сжатия цилиндра хорошо известна специалистам в данной области как отношение замкнутого (или захваченного) объема (рабочего объема) в цилиндре (с учетом всех выемок), когда поршень, совершающий в нем возвратно-поступательное движение, находится в своем положении нижней мертвой точки (BDC), к замкнутому объему (то есть к объему камеры сгорания) в цилиндре, когда указанный поршень находится в его положении верхней мертвой точки (TDC). В частности, для двигателей с расщепленным циклом, степень сжатия цилиндра сжатия определяют тогда, когда X_{ovrC} клапан закрыт. Кроме того, для двигателей с расщепленным циклом, степень расширения цилиндра расширения определяют тогда, когда X_{ovrE} клапан закрыт.

За счет очень высоких степеней сжатия (например, 40 к 1, 80 к 1 или больше) в цилиндре 12 сжатия открывающийся наружу (в направлении из цилиндра сжатия) тарельчатый переходный клапан 24 сжатия (X_{ovrC} клапан) на впуске 25 переходного канала может быть использован для управления потоком из цилиндра 12 сжатия в переходный канал 22. За счет очень высоких степеней расширения (например, 40 к 1, 80 к 1 или больше) в цилиндре 14 расширения открывающийся наружу тарельчатый переходный клапан 26 расширения (X_{ovrE} клапан) на выпуске 27 переходного канала 22 может быть использован для управления потоком из переходного канала 22 в цилиндр 14 расширения. Как это описано далее более подробно, частоту срабатывания и фазировку X_{ovrC} и X_{ovrE} клапанов 24, 26 синхронизируют так, чтобы поддерживать давление в переходном канале 22 при высоком минимальном давлении (типично 20 абсолютных бар или выше при полной нагрузке) во время всех четырех тактов цикла Отто.

По меньшей мере один топливный инжектор 28 впрыскивает топливо в сжатый воздух на выходном конце переходного канала 22, в соответствии с

открыванием X_{ovrE} клапана 26, которое происходит незадолго до того, как поршень 30 расширения доходит до его положения верхней мертвой точки. Топливовоздушный заряд обычно поступает в цилиндр 14 расширения вскоре после того, как поршень 30 расширения доходит до его положения верхней мертвой точки (TDC), хотя в некоторых режимах работы он может начинать поступать 5 немного раньше TDC. Когда поршень 30 расширения начинает свой спуск из его положения верхней мертвой точки, и когда X_{ovrE} клапан 26 еще открыт, свеча 32 зажигания, которая имеет конец 39 свечи зажигания, который выступает в цилиндр 14 10 расширения, зажигается, чтобы инициировать горение в области вокруг конца 39 свечи зажигания. Горение может быть начато, когда поршень 30 расширения находится между 1 и 30 градусами CA после его положения верхней мертвой точки (TDC). Предпочтительнее, горение может быть начато, когда поршень 30 15 расширения находится между 5 и 25 градусами CA после его положения верхней мертвой точки (TDC). Наиболее предпочтительно, горение может быть начато, когда поршень 30 расширения находится между 10 и 20 градусами CA после его положения верхней мертвой точки (TDC). Кроме того, горение может быть начато с использованием других устройств зажигания и/или других способов, например, с 20 использованием свечей с подогревом, устройств микроволнового зажигания или способов компрессионного воспламенения.

X_{ovrE} клапан 26 закрывается после начала горения, но до того, как акт горения может войти в переходный канал 22. Акт горения толкает поршень 30 расширения 25 вниз в рабочем ходе.

Во время такта выпуска, выхлопные газы откачиваются из цилиндра 14 расширения через выпускной канал 35, расположенный в головке 33 цилиндра. Открывающийся 30 внутри тарельчатый выпускной клапан 34, расположенный на впуске 31 выпускного канала 35, управляет связью между цилиндром 14 расширения и выпускным каналом 35. Выпускной клапан 34 и выпускной канал 35 отделены от переходного 35 канала 22. Таким образом, выпускной клапан 34 и выпускной канал 35 не имеют контакта с переходным каналом 22.

В случае двигателя с расщепленным циклом, геометрические параметры двигателя (такие как расточка, величина хода поршня, длина шатуна, объемная степень сжатия, 35 и т.п.) цилиндра 12 сжатия и цилиндра 14 расширения обычно являются независимыми друг от друга. Например, кривошипы 36, 38 для цилиндра 12 сжатия и цилиндра 14 расширения, соответственно, могут иметь различные радиусы и могут иметь фазовый сдвиг друг от друга, так что поршень 30 расширения доходит до своего положения 40 верхней мертвой точки (TDC) до того, как поршень 20 сжатия доходит до своего положения TDC. Эта независимость параметров позволяет двигателю 8 с расщепленным циклом потенциально достигать более высоких уровней КПД и более высоких вращающих моментов, чем в типичных четырехтактных двигателях.

Геометрическая независимость параметров в двигателе 8 с расщепленным циклом 45 также является одной из основных причин, позволяющих поддерживать давление в переходном канале 22, как уже было указано здесь выше. В частности, поршень 30 расширения доходит до своего положения верхней мертвой точки до того, как поршень сжатия доходит до своего положения верхней мертвой точки, на разумный фазовый угол (типично между 10 и 30 градусами угла поворота коленчатого вала). 50 Этот фазовый угол, вместе с надлежащей синхронизацией X_{ovrC} клапана 24 и X_{ovrE} клапана 26, позволяет двигателю 8 с расщепленным циклом поддерживать давление в переходном канале 22 при высоком минимальном давлении (типично 20 абсолютных

бар или выше при работе под полной нагрузкой) во время всех четырех тактов своего цикла давление/объем. Таким образом, двигатель 8 с расщепленным циклом синхронизирует ХовгС клапан 24 и ХовгЕ клапан 26 так, что ХовгС и ХовгЕ клапаны будут оба открыты в течение существенного периода времени (или периода вращения коленчатого вала), в течение которого поршень 30 расширения опускается из своего TDC положения в направлении своего BDC положения, а поршень 20 сжатия одновременно поднимается из своего BDC положения в направлении своего TDC положения. В течение периода времени (или периода вращения коленчатого вала), когда переходные клапаны 24, 26 оба открыты, по существу равная масса воздуха перемещается (1) из цилиндра 12 сжатия в переходный канал 22 и (2) из переходного канала 22 в цилиндр 14 расширения. Таким образом, во время этого периода, давление в переходном канале не может падать ниже заданного минимального давления (типично 20, 30, или 40 абсолютных бар при работе под полной нагрузкой). Более того, во время существенной части тактов впуска и выпуска (типично 90% тактов впуска и выпуска или больше), ХовгС клапан 24 и ХовгЕ клапан 26 оба закрыты, чтобы поддерживать массу захваченного газа в переходном канале 22 при по существу постоянном уровне. В результате давление в переходном канале 22 поддерживается на заданном минимальном давлении во время всех четырех тактов цикла давление/объем двигателя.

Способ, в соответствии с которым ХовгС клапан 24 и ХовгЕ клапан 26 остаются открытыми, когда поршень 30 расширения опускается из TDC, а поршень 20 сжатия поднимается к TDC, чтобы одновременно перемещать по существу равную массу газа в переходный канал 22 и из переходного канала 22, назван здесь пушпульным способом перемещения газа. Пушпульный способ позволяет поддерживать давление в переходном канале 22 двигателя 10 с расщепленным циклом на уровне типично 20 бар или выше во время всех четырех тактов цикла давление/объем двигателя, когда двигатель работает под полной нагрузкой.

Как уже было указано здесь выше, выпускной клапан 34 расположен в выпускном канале 35 головки 33 цилиндра, отделенном от переходного канала 22. Структурная схема, в которой выпускной клапан 34 не расположен в переходном канале 22, и, таким образом, выпускной канал 35 не имеет ни одного общего участка с переходным каналом 22, является предпочтительной для того, чтобы поддерживать захваченную массу газа в переходном канале 22 во время такта выпуска. Таким образом, могут быть предотвращены большие циклические падения давления, которые могут побуждать давление в переходном канале падать ниже заданного минимального давления.

Высокая степень сжатия в цилиндре 12 сжатия и высокая степень расширения в цилиндре 14 расширения достигнута, среди прочего, за счет использования поршня 20 сжатия с плоской верхней частью и поршня 30 расширения с плоской верхней частью, соответственно. Таким образом, в известных двигателях с расщепленным циклом, верхние части (или верхние поверхности) каждого поршня 20 сжатия и поршня 30 расширения (то есть в основном круговые стороны, которые обращены к головке 33 цилиндра) представляют собой по существу плоские поверхности. Головка 33 цилиндра также типично имеет плоскую нижнюю поверхность (то есть поверхность головки 33 цилиндра, которая обращена к верхним поверхностям поршней сжатия и расширения), обращенную к каждому цилиндру 12 сжатия и цилиндру 14 расширения, так что объем в этих цилиндрах будет минимальным, когда поршни 20, 30 находятся в их соответствующих положениях верхней мертвой точки (TDC).

ХовгЕ клапан 26 открывается незадолго до того, как поршень 30 расширения доходит до своего положения верхней мертвой точки. В этот момент времени, отношение давления в переходном канале 22 к давлению в цилиндре 14 расширения является высоким, по той причине, что минимальное давление в переходном канале типично составляет 20 абсолютных бар или выше, а давление в цилиндре расширения во время такта выпуска типично составляет ориентировочно от одного до двух абсолютных бар. Другими словами, когда ХовгЕ клапан 26 открывается, давление в переходном канале 22 существенно выше, чем давление в цилиндре 14 расширения (типично отношение этих давлений составляет 20 к 1 или больше). Это высокое отношение давлений побуждает начальный поток воздуха и/или заряда топлива втекать в цилиндр 14 расширения с высокими скоростями. Эти высокие скорости потока могут достигать скорости звука, что называют звуковым течением. Это звуковое течение является особенно предпочтительным для двигателя 8 с расщепленным циклом, так как оно вызывает быстрое сгорание, позволяющее двигателю 8 с расщепленным циклом поддерживать высокие давления сгорания, несмотря на то, что зажигание инициируют, когда поршень 30 расширения опускается из своего положения верхней мертвой точки.

Однако высокая (и особенно звуковая) скорость течения в цилиндр 14 расширения создает волну давления (сжатия), которая перемещает топливоздушный заряд по верхней поверхности поршня 30 расширения. Волна давления может создавать пик давления и/или температуры на стенках цилиндра 14 расширения или поблизости от них. Этот пик давления и/или температуры может оказывать неблагоприятные воздействия, например, может создавать преждевременную детонацию топливоздушного заряда ранее искрового зажигания (то есть создавать преждевременное зажигание). Риск преждевременного зажигания может быть усугублен, если пик волны давления находится поблизости от выпускного клапана 34, так как выпускной клапан 34 имеет одну из самых горячих поверхностей в цилиндре 14 расширения. Таким образом, необходимо направлять топливоздушный заряд, переносимый за счет волны давления в двигателях с расщепленным циклом, так чтобы никакой пик давления и/или температуры не вызывал преждевременного зажигания.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг.2, на которой показано положение ХовгЕ клапана 26, когда поршень 30 расширения двигателя 8 с расщепленным циклом ориентировочно находится в его положении верхней мертвой точки. ХовгЕ клапан 26 имеет головку 40 клапана в виде диска, от которой наружу идет цилиндрический шток 41 клапана. Когда поршень 30 доходит до его положения TDC, головка 40 ХовгЕ клапана 26 поднята над ее закрытым положением (или положением на седле) в головке 33 цилиндра. Области 42 и 44 завесы представляют собой локальные области минимального поперечного сечения, через которые может протекать газ. Другими словами, области 42 и 44 завесы представляют собой потенциально наиболее ограничительные области для потока топливоздушного заряда между переходным каналом 22 и цилиндром 14 расширения, когда поршень 30 расширения находится в своем положении верхней мертвой точки или поблизости от него.

Топливоздушный заряд, который протекает из переходного канала 22 в цилиндр 14 расширения, должен проходить через область 42 завесы, которая имеет форму усеченного конуса (усеченную коническую форму), между головкой 40 ХовгЕ клапана 26 и головкой 33 цилиндра. Значительная часть топливоздушного заряда, протекающего из переходного канала 22 в цилиндр 14 расширения, также должна

проходить через область 44 завесы цилиндрической формы между поршнем 30 расширения и головкой 33 цилиндра. Область между усеченной конической областью 42 завесы и выпуском 27 переходного канала 22 известна как клапанный карман 46 ХовгЕ клапана 26. Более конкретно, клапанный карман 46 представляет собой область, ограниченную головкой 40 ХовгЕ клапана 26, головкой 33 цилиндра, усеченной конической областью 42 завесы и выпуском 27 переходного канала.

Когда поршень 30 расширения находится в своем положении верхней мертвой точки или поблизости от него, зазор 48 поршня расширения (то есть глубина зазора между верхней поверхностью 50 поршня 30 расширения и нижней поверхностью (или поверхностью воспламенения) 52 головки 33 цилиндра, которая обращена внутрь цилиндра 14 расширения) может быть очень малым (например, 1.0, 0.9, 0.8, 0.7 или 0.6 мм, или меньше). Расстояние, на которое ХовгЕ клапан 26 при открывании отходит от своего положения на седле, известно как высота подъема ХовгЕ клапана 26. Важно, что зазор 48 поршня расширения может быть сопоставим с высотой подъема ХовгЕ клапана 26 или даже может быть меньше ее. Это означает, что цилиндрическая область 44 завесы может быть сопоставима с площадью усеченной конической области 42 завесы или даже может быть меньше ее. Такая малая цилиндрическая область 44 завесы может вызывать значительное падение давления и ослабление потока. Другими словами, когда цилиндрическая область 44 завесы сопоставима с площадью усеченной конической области 42 завесы, тогда цилиндрическая область 44 завесы может не позволить соответствующему количеству топливовоздушного заряда входить в цилиндр 14 расширения в пределах соответствующих временных ограничений. Эта ситуация особенно резко выражена, когда цилиндрическая область 44 завесы меньше, чем усеченная коническая область 42 завесы, так как в этом случае цилиндрическая область 44 завесы будет наиболее сдерживающей областью для потока топливовоздушного заряда из переходного канала 22 в цилиндр 14 расширения, когда поршень 30 расширения находится в своем положении верхней мертвой точки или поблизости от него. Упомянутые выше падение давления и/или ослабление потока являются проблематичными, так как они могут снижать КПД двигателя. Таким образом, необходимо увеличить размер области 44 завесы, образованной между поршнем расширения и головкой цилиндра двигателя с расщепленным циклом, а также необходимо повысить КПД на величину больше, чем потеря КПД, вызванная результирующим снижением степени расширения в цилиндре расширения.

ХовгЕ клапан 26 должен достичь значительной высоты подъема, чтобы полностью передавать топливовоздушный заряд, в течение очень короткого периода вращения коленчатого вала 16 (обычно в диапазоне ориентировочно от 30 до 60 градусов СА), по сравнению со стандартным двигателем, в котором клапаны обычно срабатывают в диапазоне от 180 до 220 градусов СА. Это означает, что ХовгЕ клапан 26 должен срабатывать ориентировочно в 4-6 раз быстрее, чем клапаны стандартного двигателя. Топливо впрыскивают в выходной конец переходного канала 22 синхронно со срабатыванием ХовгЕ клапана 26. Свеча 32 зажигания срабатывает, чтобы начать горение, вскоре после этого (преимущественно между 1 и 30 градусами СА после верхней мертвой точки поршня 30 расширения, предпочтительнее между 5 и 25 градусами СА после верхней мертвой точки поршня 30 расширения, а лучше всего, между 10 и 20 градусами СА после верхней мертвой точки поршня 30 расширения).

Принимая во внимание вышеупомянутые ограничения, перемешивание воздуха с топливом и распределение смеси по всему цилиндру 14 расширения должно

происходить в течение очень короткого периода времени (или периода вращения коленчатого вала). Надлежащее распределение топлива по всему цилиндру 14 расширения и оптимальные соотношения компонентов топливовоздушной смеси над свечей (свечами) 32 зажигания будут приводить к улучшению воспламенения и к сгоранию большего количества имеющегося топлива. Таким образом, необходимо так распределять и направлять топливо в двигатель с расщепленным циклом, чтобы распределять топливо соответствующим образом по всему цилиндру расширения и улучшать соотношения компонентов топливовоздушной смеси над свечами зажигания.

Краткое изложение изобретения

В настоящем изобретении предлагается решение вышеупомянутых проблем направления волны давления, увеличения размера области завесы между поршнем расширения и головкой цилиндра, и направления и распределения топлива в двигателях с расщепленным циклом. В частности, в соответствии с настоящим изобретением, эти проблемы решены за счет того, что предусмотрена выемка в верхней части поршня расширения двигателя с расщепленным циклом.

Эти и другие преимущества достигнуты в примерном варианте настоящего изобретения за счет того, что предусмотрен двигатель (10), который содержит:

коленчатый вал (16), выполненный с возможностью вращения относительно оси (17) коленчатого вала;

цилиндр (14) расширения, имеющий осевую линию (62);

поршень (30) расширения, введенный с возможностью скольжения в цилиндр (14) расширения и оперативно соединенный с коленчатым валом (16), так что поршень (30) расширения действует так, чтобы совершать возвратно-поступательное движение в течение хода расширения и хода выпуска, во время одного оборота коленчатого вала (16), причем поршень (30) расширения имеет верхнюю поверхность (50) и внешний периметр (74);

головку (33) цилиндра, расположенную поверх цилиндра (14) расширения, так что нижняя поверхность (52) головки (33) цилиндра обращена к верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причем головка (33) цилиндра содержит выпуск (27) переходного канала и впуск (53) выпускного канала, расположенные в ней, при этом как впуск (53) выпускного канала, так и выпуск (27) переходного канала расположены рядом с цилиндром (14) расширения;

переходный канал (22), соединяющий источник (12/20) газа под высоким давлением с цилиндром (14) расширения через выпуск (27) переходного канала;

переходный расширительный клапан (ХовгЕ клапан) (26), расположенный в выпуске (27) переходного канала, причем ХовгЕ клапан (26) действует так, чтобы разрешать связь между переходным каналом (22) и цилиндром (14) расширения в течение части такта расширения;

выпускной клапан (34), расположенный во впуске (53) выпускного канала, причем выпускной клапан (34) действует так, чтобы разрешать связь с цилиндром (14) расширения или от него через впуск (31) выпускного канала в течение части такта расширения;

выемку (60), расположенную в верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причем выемка (60) содержит нижнюю поверхность (64);

причем зазор (80) поршня расширения представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения и нижней поверхностью (52) головки (33) цилиндра, когда поршень (30) расширения находится в его положении верхней мертвой точки (TDC);

при этом глубина (82) выемки представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между нижней поверхностью (64) выемки (60) и верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения;

5 причём степень расширения представляет собой отношение рабочего объема в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении нижней мертвой точки (BDC), к рабочему объёму в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении TDC;

10 при этом участок выемки (60) перекрывает участок выпуска (27) переходного канала;

причем участок впуска (31) выпускного канала не перекрывает никакой участок выемки (60);

при этом глубина (82) выемки в диапазоне ориентировочно от 1.0 до 3.0 раз превышает зазор (80) поршня расширения.

15 Степень расширения может составлять по меньшей мере 20 к 1, преимущественно по меньшей мере 30 к 1, а предпочтительнее по меньшей мере 40 к 1. Двигатель (10) может действовать так, чтобы инициировать акт сгорания в цилиндре (14) расширения, когда поршень (30) расширения опускается из его TDC положения к его BDC положению, преимущественно между 10 и 25 градусами вращения коленчатого вала (16) после TDC положения поршня (30) расширения, а предпочтительнее между 10 и 20 градусами вращения коленчатого вала (16) после TDC положения поршня (30) расширения. Ни один участок выемки (60) не перекрывает

25 никакой участок впуска (31) выпускного канала. Участки выемки (60) могут перекрывать по меньшей мере одно устройство (32) зажигания, а преимущественно по меньшей мере два устройства (32) зажигания. Глубина (82) выемки в диапазоне от 2.0 до 3.0 раз может превышать зазор (80) поршня расширения. 20% или меньше площади полной поверхности впуска (31) выпускного

30 канала, а преимущественно 10% или меньше, могут перекрывать выемку (60). В соответствии с другим примерным вариантом осуществления настоящего изобретения, предлагается двигатель (10), который содержит:

коленчатый вал (16), выполненный с возможностью вращения относительно

35 оси (17) коленчатого вала;

цилиндр (14) расширения, имеющий осевую линию (62); поршень (30) расширения, введенный с возможностью скольжения в цилиндр (14) расширения и оперативно соединенный с коленчатым валом (16), так что поршень (30) расширения действует так, чтобы совершать возвратно-поступательное движение в течение хода расширения и хода выпуска во время одного оборота коленчатого

40 вала (16), причём поршень (30) расширения содержит верхнюю поверхность (50) и внешний периметр (74); головку (33) цилиндра, расположенную поверх цилиндра (14) расширения, так что нижняя поверхность (52) головки (33) цилиндра обращена к верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причём головка (33) цилиндра содержит выпуск (27) переходного канала и впуск (53) выпускного канала, расположенные в ней, при этом как впуск (53) выпускного канала, так и выпуск (27) переходного канала расположены рядом с цилиндром (14) расширения;

50 переходный канал (22), соединяющий источник (12/20) газа под высоким давлением с цилиндром (14) расширения через выпуск (27) переходного канала;

переходный расширительный клапан (ХовгЕ клапан) (26), расположенный в выпуске (27) переходного канала, причём ХовгЕ клапан (26) действует так, чтобы

разрешать связь между переходным каналом (22) и цилиндром (14) расширения в течение части такта расширения;

выпускной клапан (34), расположенный во впуске (53) выпускного канала, причем выпускной клапан (34) действует так, чтобы разрешать связь с цилиндром (14) расширения или от него через впуск (31) выпускного канала в течение части такта расширения;

выемку (60), расположенную в верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причем выемка (60) содержит нижнюю поверхность (64);

причем зазор (80) поршня расширения представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения и нижней поверхностью (52) головки (33) цилиндра, когда поршень (30) расширения находится в его положении верхней мертвой точки (TDC);

при этом глубина (82) выемки представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между нижней поверхностью (64) выемки (60) и верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения;

причем степень расширения представляет собой отношение рабочего объема в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении нижней мертвой точки (BDC), к рабочему объему в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении TDC;

при этом степень расширения составляет по меньшей мере 20 к 1;

причем глубина (82) выемки больше, чем или равна зазору (80) поршня расширения.

Участок выемки (60) может перекрывать участок выпуска (27) переходного канала, а участок впуска (31) выпускного канала может не перекрывать никакой участок выемки (60). Глубина (82) выемки может в диапазоне от 1.0 до 3.0 раз, а преимущественно в диапазоне от 2.0 до 3.0 раз превышать зазор (80) поршня расширения. Степень расширения может составлять по меньшей мере 30 к 1, а преимущественно по меньшей мере 40 к 1. Двигатель (10) может действовать так, чтобы инициировать акт сгорания в цилиндре (14) расширения, когда поршень (30) расширения опускается из его TDC положения к его BDC положению, преимущественно между 10 и 20 градусами вращения коленчатого вала (16) после TDC положения поршня (30) расширения. Ни один участок выемки (60) не перекрывает никакой участок впуска (31) выпускного канала. Участки выемки (60) могут перекрывать по меньшей мере одно устройство (32) зажигания, а преимущественно по меньшей мере два устройства (32) зажигания. 20% или меньше площади полной поверхности впуска (31) выпускного канала, а преимущественно 10% или меньше, могут перекрывать выемку (60).

Указанные ранее и другие характеристики и преимущества изобретения будут более ясны из последующего детального описания, приведенного со ссылкой на сопроводительные чертежи.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 показано поперечное сечение примерного варианта известного двигателя с расщепленным циклом.

На фиг.2 показано поперечное сечение переходного расширительного клапана (ХовгЕ клапана), показанного на фиг.1, когда поршень расширения находится в его положении верхней мертвой точки (TDC).

На фиг.3 показан вид в перспективе с частичным разрезом цилиндра расширения двигателя с расщепленным циклом в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.4 показана ортогональная проекция компонентов двигателя с

расщепленным циклом, показанных на фиг.3, в плоскость проекции, которая перпендикулярна осевой линии цилиндра расширения двигателя с расщепленным циклом.

На фиг.5 показан вид сбоку цилиндра расширения двигателя с расщепленным циклом, показанного на фиг.3.

Подробное описание изобретения

На фиг.3, 4 и 5 показаны различные виды или проекции примерного варианта двигателя 10 с расщепленным циклом в соответствии с настоящим изобретением.

Двигатель 10 с расщепленным циклом аналогичен известному двигателю 8 с расщепленным циклом, показанному на фиг.1 и 2. Поэтому, для сравнения двигателей 8 и 10 с расщепленным циклом, на всех чертежах аналогичные детали имеют одинаковые позиционные обозначения.

Примерный двигатель 10 с расщепленным циклом содержит новаторскую выемку 60, расположенную в верхней поверхности 50 поршня 30 расширения в соответствии с настоящим изобретением. Как это описано далее более подробно, выемка 60 усиливает поток из переходного канала (каналов) 22 в цилиндр 14 расширения за счет устранения ограничения потока между ними. Более того, выемка 60 направляет топливовоздушную смесь в общем направлении свечи (свечей) 32 зажигания и по существу направляет топливовоздушную смесь так, что она не идет к выпускному клапану 34 и не идет к стенкам цилиндра 14 расширения. Кроме того, выемка 60 увеличивает цилиндрическую область 44 завесы, образованную между поршнем 30 расширения и головкой 33 цилиндра, без снижения степени расширения в такой степени, которая превышает выигрыш от результирующего увеличения потока.

На фиг.3 показан вид в перспективе с частичным разрезом цилиндра расширения примерного двигателя 10 с расщепленным циклом. Двигатель 10 с расщепленным циклом содержит два переходных канала 22. Каждый из двух переходных каналов 22 содержит ХовгС клапан 24, показанный на фиг.1, который управляет связью между цилиндром 12 сжатия (лучше всего показанным на фиг.1) и переходным каналом 22 через впуск 25 переходного канала (лучше всего показанный на фиг.1). Каждый из двух переходных каналов 22 дополнительно содержит ХовгЕ клапан 26, который управляет флюидной связью между переходным каналом 22 и цилиндром 14 расширения через выпуск 27 переходного канала. Каждый из двух ХовгЕ клапанов 26 содержит головку 40 клапана и шток 41 клапана.

Двигатель 10 с расщепленным циклом дополнительно содержит два устройства 32 зажигания (в этом случае, две свечи 32 зажигания), расположенные в головке 33 цилиндра. Каждое из устройств 32 зажигания имеет конец 39, который представляет собой участок устройства 32 зажигания, который выступает в цилиндр 14 расширения и создает энергию, требующуюся для того, чтобы инициировать процесс горения. Более конкретно, в этом случае конец 39 свечи зажигания типично содержит один или несколько боковых (или заземленных) электродов. Конец 39 свечи зажигания типично дополнительно содержит центральный электрод 43 (лучше всего показанный на фиг.4), который испускает электроны (является катодом), чтобы инициировать акт сгорания. В альтернативных вариантах могут быть использованы другие способы зажигания или другие устройства, а не свечи 32 зажигания. Например, в альтернативных вариантах могут быть использованы свечи с подогревом, устройства микроволнового зажигания, способы компрессионного воспламенения для дизелей (в которых не требуется устройство зажигания) или любые другие подходящие способы или устройства зажигания.

Головка 33 цилиндра содержит единственный выпускной канал 35 с выпускным клапаном 34, расположенном во впуске 31 единственного выпускного канала 35. В основном серповидная выемка 60 расположена в верхней поверхности 50 поршня 30 расширения. Осевая линия 62 цилиндра 14 расширения идет вертикально через центр цилиндра 14 расширения и представляет собой линию действия, по которой поршень 30 расширения совершает возвратно-поступательное движение.

На фиг.4 показана ортогональная проекция компонентов двигателя 10 с расщепленным циклом в любую плоскость проекции, которая перпендикулярна осевой линии 62 цилиндра 14 расширения. В примерном варианте, такая плоскость проекции параллельна или в основном параллельна верхней поверхности 50 поршня 30 расширения.

Выемка 60 имеет нижнюю поверхность 64, которая в основном лежит в плоскости, перпендикулярной осевой линии 62. Выемка 60 имеет идущую вертикально стенку 68 (лучше всего показанную на фиг.5). Выемка 60 также имеет изогнутый переходный участок 66 (лучше всего показанный на фиг.5), полностью соединяющий нижнюю поверхность 64 и идущую вертикально стенку 68. Вертикально идущая стенка 68 имеет вогнутый кромочный участок 70 и выпуклый кромочный участок 72.

Верхняя поверхность 50 типично является плоской и лежит в плоскости, перпендикулярной осевой линии 62 цилиндра 14 расширения. Верхняя поверхность 50 имеет в основном круговой внешний периметр 74. Верхняя поверхность 50 дополнительно имеет граничную область 76, расположенную между (1) внешним периметром 74 верхней поверхности 50 и (2) выпуклым кромочным участком 72 стенки 68 выемки 60.

Считают, что первый компонент (или его часть), например, выемка, выпуск, проход, поверхность, периметр, граничная область, кромочный участок, переходный участок, стенка, клапан, свеча зажигания, поршень и т.п. и второй компонент (или его часть) "перекрываются", когда первый компонент (или его часть) и второй компонент (или его часть) используют совместно одинаковые координаты в любой из вышеупомянутых плоскостей проекций. Из этого следует, что на фиг.4 показаны компоненты (или их части) двигателя 10 с расщепленным циклом, которые перекрывают друг друга.

Участки выпуска 27 каждого переходного канала 22 перекрывают участки выемки 60. Более конкретно, участки выпусков 27 перекрывают участки нижней поверхности 64, переходного участка 66 и стенки 68. Участки выпусков 27 каждого переходного канала 22 также перекрывают участки верхней поверхности 50. Более конкретно, участки каждого выпуска 27 перекрывают участки граничной области 76 верхней поверхности 50.

Впуск 31 выпускного канала 35 перекрывает участок верхней поверхности 50 поршня 30 расширения. Однако ни один участок впуска 31 не перекрывает никакой участок выемки 60. В альтернативных вариантах, некоторая небольшая степень перекрытия допускается между участком выемки 60 и участком впуска 31. Например, 25%, 20%, 15%, 10% или меньше, площади полной поверхности впуска 31 выпускного канала 35 могут перекрывать выемку 60. Однако специалисты в данной области легко поймут, что в таком альтернативном варианте желательно (например, для того, чтобы избежать преждевременного зажигания) исключить перекрытие самыми горячими участками выпускного канала 35, расположенного во впуске 31 (типично участками в центре выпускного канала 35 и/или в центре впуска 31), любого участка выемки 60.

По меньшей мере участок каждого устройства 32 зажигания перекрывает участки

выемки 60. Более конкретно, концы 39 каждого из устройств зажигания полностью перекрываются с выемкой 60. В частности, каждый из центральных электродов 43 полностью перекрывается с выемкой 60. Специалисты в данной области легко поймут, что в альтернативных вариантах, в которых не используют свечи зажигания, а используют другие способы зажигания или устройства зажигания, также желательно обеспечить перекрытие между участком выемки 60 и областью, в которой инициируют горение.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг.5, на которой показан вид сбоку цилиндра 14 расширения и некоторых окружающих его компонентов (например, одного из двух переходных каналов 22), когда поршень 30 расширения находится в его положении верхней мертвой точки (TDC). Зазор 80 поршня расширения представляет собой кратчайшее расстояние (измеренное вдоль линии, параллельной осевой линии 62 цилиндра 14 расширения) между верхней поверхностью 50 поршня 30 расширения и нижней поверхностью (или поверхностью воспламенения) 52 головки 33 цилиндра, когда поршень расширения находится в его положении TDC. Зазор 80 поршня расширения в примерном варианте преимущественно является очень малым (например, 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6 мм или меньше).

Глубина 82 выемки представляет собой кратчайшее расстояние (измеренное вдоль линии, параллельной осевой линии 62 цилиндра 14 расширения) между нижней поверхностью 64 выемки 60 и верхней поверхностью 50 поршня 30 расширения.

Для того, чтобы увеличить размер цилиндрической области 44 завесы и значительно снизить ограничение потока между переходным каналом 22 и цилиндром 14 расширения, глубина 82 выемки преимущественно равна зазору 80 поршня расширения или его половине (0.5x). Предпочтительнее, глубина 82 выемки равна зазору 80 поршня расширения (1.0x) или превышает зазор 80 поршня расширения в 2 раза (2.0x), в 2.5 раза (2.5x) или в 3 раза (3.0x). Однако важно отметить, что глубина 82 выемки должна быть достаточно малой, так чтобы любое повышение кпд, достигнутое за счет увеличения глубины 82 выемки, было больше чем, потеря кпд, вызванная результирующим снижением степени расширения. Преимущественно, глубина 82 выемки должна быть достаточно малой, так чтобы обеспечивать степень расширения 20 к 1 или больше, предпочтительнее, 30 к 1 или больше, а лучше всего, 40 к 1 или больше.

Комбинация наличия глубины 82 выемки, равной зазору 80 поршня или превышающей его в несколько раз, и поддержания степени расширения по меньшей мере 20 к 1 или больше, возможна только если степень расширения была очень большой при отсутствии выемки 60 в поршне 30, например, 40 к 1, 80 к 1 или больше. Эти высокие степени расширения трудно достичь в стандартном двигателе, так как необходимо поддерживать значительный объем зазора, чтобы надлежащим образом инициировать акт горения до того, как поршень стандартного двигателя дойдет до TDC. Однако, двигатель 10 с расщепленным циклом использует пушпульный способ газопередачи (такой как описанный здесь выше), позволяющий инициировать горение после того, как поршень расширения дойдет до TDC. Таким образом, наличие большого объема зазора в цилиндре 14 расширения двигателя 10 с расщепленным циклом не требуется, и поэтому могут быть достигнуты степени расширения 20 к 1, 40 к 1 или больше, даже если выемка 60 расположена в поршне 30.

Изогнутый переходный участок 66 и идущая вертикально стенка 68 выемки 60 лучше всего показаны на фиг.5. Кроме того, в этом виде сбоку можно лучше рассмотреть ранее описанное перекрытие между участками выпуска 27 и различными

компонентами двигателя 10 с расщепленным циклом. Участок граничной области 76 верхней поверхности 50 перекрывает участок выпуска 27 переходного канала 22. Перекрытие между граничной областью 76 и выпуском 27 преимущественно создает ограничение потока, когда поршень 30 расширения находится в положении TDC или вблизи от него, которое стремится направить поток так, чтобы он не шел к стенкам цилиндра 14 расширения, а шел к свечам 32 зажигания. Кроме того, показано, что участки нижней поверхности 64, изогнутого переходного участка 66 и идущей вертикально стенки 68 выемки 60 перекрываются с участками выпуска 27 переходного канала. Важно, что перекрытие между участками выпусков 27 переходного канала и участками выемки 60 увеличивает размер цилиндрической области 44 завесы, что усиливает поток в выемку 60 и в направлении к свечам 32 зажигания.

При работе двигателя ХовгЕ клапаны 26 открываются незадолго до верхней мертвой точки (TDC) поршня 30 расширения (например, на 5-20 градусов раньше TDC поршня 30 расширения).

Выпускной клапан 34 закрывается немного позже или немного раньше открывания ХовгЕ клапанов 26 (например, на 5-45 градусов раньше TDC поршня 30 расширения). Из этого следует, что давление любых газов, оставшихся в цилиндре 14 расширения непосредственно после закрытия выпускного клапана 34 вблизи TDC, значительно меньше, чем давление топливовоздушной смеси в двух переходных каналах 22.

Топливоздушный заряд поступает в цилиндр 14 расширения через выпуски 27 переходных каналов (вблизи от TDC поршня 30 расширения) по пути наименьшего сопротивления. В этом случае, путь наименьшего сопротивления ведет в выемку 60 и к свечам 32 зажигания. Это происходит потому, что выпуски 27 переходных каналов перекрывают как (1) участки граничной области 76 верхней поверхности 50, так и (2) участки выемки 60. Таким образом, область перекрытия между выемкой 60 и выпуском 27 образует наименее ограничивающий проток, чтобы первоначально направлять поток топливовоздушного заряда в выемку 60 и к свечам 32 зажигания, когда поршень 30 находится в положении вблизи от его верхней мертвой точки. Ни один участок выемки 60 не доходит ни до какого участка стенок цилиндра 14 расширения. Кроме того, ни один участок выемки 60 не перекрывает никакой участок впуска 31 выпускного канала 35. В результате поток по существу ограничен в его перемещении (не может идти) к областям вблизи от стенок цилиндра и к впускам выпускного канала, а топливоздушный заряд по существу ограничен от накопления в этих областях, когда поршень расширения находится вблизи от TDC. Важно в значительной степени предотвратить накопление топливовоздушного заряда вблизи от стенок цилиндра 14, так это может приводить к задержке воспламенения топливовоздушного заряда, что снижает КПД двигателя. Важно в значительной степени предотвратить накопление топливовоздушного заряда вблизи от впуска 31 выпускного канала, так как выпускной клапан 35 расположен в нем. Выпускной клапан 35 (особенно в его центре) имеет одну из самых горячих поверхностей в цилиндре 14 расширения, а это означает, что накопление топливовоздушного заряда вблизи от выпускного клапана 35 повышает риск преждевременного зажигания.

Отношение воздуха к топливу (AFR) (соотношение компонентов топливовоздушной смеси) представляет собой массовое отношение воздуха к топливу во время горения. Термин "стехиометрическое AFR" относится к AFR, когда имеется только достаточно кислорода (содержащегося в воздухе) для превращения всего

топлива в полностью окисленные продукты при горении. Типично, для топлива в виде бензина, AFR около 14.7 к 1 представляет собой стехиометрическое AFR. Богатое AFR относится к AFR, когда имеется больше топлива, чем это необходимо для стехиометрического AFR, а бедное AFR относится к AFR, когда имеется больше

воздуха, чем это необходимо для стехиометрического AFR.
 Лямбда (λ) дает альтернативную возможность отображения AFR, причем AFR нормализована для стехиометрического отношения специфического топлива. Лямбда 1 отображает стехиометрическую смесь. Лямбда больше 1 отображает бедную смесь, а лямбда меньше 1 отображает богатую смесь. Например, если стехиометрическое отношение равно 14.7 к 1, тогда:

- 1) $\lambda=1$ отображает стехиометрическую AFR 14.70 к 1;
- 2) $\lambda=8$ отображает богатую AFR 11.76 к 1; и
- 3) $\lambda=1.3$ отображает бедную AFR 19.11 к 1.

Топливоздушная смесь в основном направляется за счет геометрии выемки 60 и распределяется по объему выемки 60 многослойным образом ранее зажигания. Задачей распределения является создание стехиометрической (или близкой к стехиометрической) топливоздушной смеси в непосредственной близости от свечей 32 зажигания (устройств зажигания) и последовательного обеднения топливоздушной смеси в областях, удаленных от свечей 32 зажигания. Таким образом, топливоздушная смесь, которая окружает свечи 32 зажигания, преимущественно имеет лямбду в диапазоне от 0.6 до 1.3 ранее зажигания. Предпочтительнее, лямбда должна быть в диапазоне от 0.7 до 1.2, а лучше всего, лямбда должна быть в диапазоне от 0.8 до 1.1.

Когда свечи 32 зажигания срабатывают, стехиометрическая (или близкая к стехиометрической) топливоздушная смесь быстро сгорает и действует как катализатор (то есть как пусковой факел) для воспламенения более бедных смесей. Свечи 32 зажигания преимущественно срабатывают между 1 и 30 градусами СА после TDC поршня 30 расширения, предпочтительнее между 5 и 25 градусами СА после TDC поршня 30 расширения, а лучше всего, между 10 и 20 градусами СА после TDC поршня 30 расширения.

Несмотря на то, что были описаны специфические варианты осуществления изобретения, совершенно ясно, что в него специалистами в данной области могут быть внесены различные изменения и дополнения в рамках описанных концепций изобретения и в соответствии с его сущностью. Таким образом, подразумевается, что настоящее изобретение не ограничено описанными вариантами, а полный объем его патентных притязаний определяется приведенной далее формулой изобретения.

Формула изобретения

1. Двигатель с расщепленным циклом (10), который содержит: коленчатый вал (16), выполненный с возможностью вращения относительно своей оси (17);

цилиндр (14) расширения, имеющий осевую линию (62); поршень (30) расширения, введенный с возможностью скольжения в цилиндр (14) расширения и соединенный с коленчатым валом (16), так что поршень (30) расширения действует так, чтобы совершать возвратно-поступательное движение в течение хода расширения и хода выпуска, во время одного оборота коленчатого вала (16), причем поршень (30) расширения имеет верхнюю поверхность (50) и внешний периметр (74); головку (33) цилиндра, расположенную поверх цилиндра (14) расширения, так что нижняя поверхность (52) головки (33) цилиндра обращена к верхней поверхности (50)

поршня (30) расширения, причем головка (33) цилиндра содержит выпуск (27) переходного канала и впуск (53) выпускного канала, расположенные в ней, при этом как впуск (53) выпускного канала, так и выпуск (27) переходного канала расположены рядом с цилиндром (14) расширения;

5 переходный канал (22), соединяющий источник (12/20) газа под высоким давлением с цилиндром (14) расширения через выпуск (27) переходного канала;

10 переходный расширительный клапан (26), расположенный в выпуске (27) переходного канала, который действует так, чтобы разрешать связь между переходным каналом (22) и цилиндром (14) расширения в течение части такта расширения;

15 выпускной клапан (34), расположенный во впуске (31) выпускного канала, причем выпускной клапан (34) действует так, чтобы разрешать связь с цилиндром (14) расширения или от него через впуск (31) выпускного канала в течение части такта расширения;

20 выемку (60), расположенную в верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причем выемка (60) содержит нижнюю поверхность (64); при этом участок выемки (60) перекрывает участок выпуска (27) переходного канала;

причем участок впуска (31) выпускного канала не перекрывает никакой участок выемки (60);

при этом глубина (82) выемки в диапазоне ориентировочно от 1.0 до 3.0 раз превышает зазор (80) поршня расширения;

25 причем зазор (80) поршня расширения представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения и нижней поверхностью (52) головки (33) цилиндра, когда поршень (30) расширения находится в его положении верхней мертвой точки (TDC);

30 при этом глубина (82) выемки представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между нижней поверхностью (64) выемки (60) и верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения.

2. Двигатель (10) по п.1, в котором степень расширения составляет по меньшей мере 20 к 1, преимущественно по меньшей мере 30 к 1, а предпочтительнее по меньшей мере 40 к 1;

35 причем степень расширения представляет собой отношение рабочего объема в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении нижней мертвой точки (BDC), к рабочему объему в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении TDC.

40 3. Двигатель (10) по п.1, который действует так, чтобы инициировать акт сгорания в цилиндре (14) расширения, когда поршень (30) расширения опускается из его TDC положения к его BDC положению, преимущественно между 10° и 25° вращения коленчатого вала (16) после TDC положения поршня (30) расширения, а предпочтительнее между 10° и 20° вращения коленчатого вала (16) после TDC

45 положения поршня (30) расширения.

4. Двигатель (10) по п.1, в котором ни один участок выемки (60) не перекрывает никакой участок впуска (31) выпускного канала.

5. Двигатель (10) по п.1, в котором участки выемки (60) перекрывают по меньшей мере одно устройство (32) зажигания, а преимущественно по меньшей мере два

50 устройства (32) зажигания.

6. Двигатель (10) по п.1, в котором глубина (82) выемки в диапазоне от 2.0 до 3.0 раз превышает зазор (80) поршня расширения.

7. Двигатель (10) по п.1, в котором 20% или меньше площади полной поверхности выпуска (31) выпускного канала, а преимущественно 10% или меньше, перекрывают выемку (60).

8. Двигатель (10) с расщепленным циклом, который содержит: коленчатый вал (16), выполненный с возможностью вращения относительно своей оси (17) коленчатого вала;

цилиндр (14) расширения, имеющий осевую линию (62); поршень (30) расширения, введенный с возможностью скольжения в цилиндр (14) расширения и соединенный с коленчатым валом (16), так что поршень (30) расширения действует так, чтобы совершать возвратно-поступательное движение в течение хода расширения и хода выпуска во время одного оборота коленчатого вала (16), причем поршень (30) расширения содержит верхнюю поверхность (50) и внешний периметр (74);

головку (33) цилиндра, расположенную поверх цилиндра (14) расширения, так что нижняя поверхность (52) головки (33) цилиндра обращена к верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причем головка (33) цилиндра содержит выпуск (27) переходного канала и впуск (53) выпускного канала, расположенные в ней, при этом как впуск (31) выпускного канала, так и выпуск (27) переходного канала расположены рядом с цилиндром (14) расширения;

переходный канал (22), соединяющий источник (12/20) газа под высоким давлением с цилиндром (14) расширения через выпуск (27) переходного канала;

переходный расширительный клапан (26), расположенный в выпуске (27) переходного канала, причем указанный клапан (26) действует так, чтобы разрешать связь между переходным каналом (22) и цилиндром (14) расширения в течение части такта расширения;

выпускной клапан (34), расположенный во впуске (53) выпускного канала, причем выпускной клапан (34) действует так, чтобы разрешать связь с цилиндром (14) расширения или от него через впуск (31) выпускного канала в течение части такта расширения;

выемку (60), расположенную в верхней поверхности (50) поршня (30) расширения, причем выемка (60) содержит нижнюю поверхность (64); при этом степень расширения, которая представляет собой отношение рабочего объема в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении нижней мертвой точки (BDC), к рабочему объему в цилиндре расширения, когда поршень расширения находится в его положении TDC, составляет по меньшей мере 20 к 1; причем глубина (82) выемки больше чем или равна зазору (80) поршня расширения;

причем зазор (80) поршня расширения представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения и нижней поверхностью (52) головки (33) цилиндра, когда поршень (30) расширения находится в его положении верхней мертвой точки (TDC);

при этом глубина (82) выемки представляет собой кратчайшее расстояние, вдоль линии, параллельной осевой линии (62), между нижней поверхностью (64) выемки (60) и верхней поверхностью (50) поршня (30) расширения.

9. Двигатель (10) по п.8, в котором:

участок выемки (60) перекрывает участок выпуска (27) переходного канала; а

участок впуска (31) выпускного канала не перекрывает никакой участок выемки (60).

10. Двигатель (10) по п.8, в котором глубина (82) выемки в диапазоне от 1.0 до 3.0 раз, а преимущественно в диапазоне от 2.0 до 3.0 раз превышает зазор (80) поршня

расширения.

11. Двигатель (10) по п.8, степень расширения составляет по меньшей мере 30 к 1, а преимущественно по меньшей мере 40 к 1.

5 12. Двигатель (10) по п.8, который действует так, чтобы инициировать акт сгорания в цилиндре (14) расширения, когда поршень (30) расширения опускается из его TDC положения к его BDC положению, преимущественно между 10° и 20° вращения коленчатого вала (16) после TDC положения поршня (30) расширения.

10 13. Двигатель (10) по п.8, в котором ни один участок выемки (60) не перекрывает никакой участок впуска (31) выпускного канала.

14. Двигатель (10) по п.8, в котором участки выемки (60) перекрывают по меньшей мере одно устройство (32) зажигания, а преимущественно по меньшей мере два устройства (32) зажигания.

15 15. Двигатель (10) по п.8, в котором 20% или меньше площади полной поверхности впуска (31) выпускного канала, а преимущественно 10% или меньше, перекрывают выемку (60).

20

25

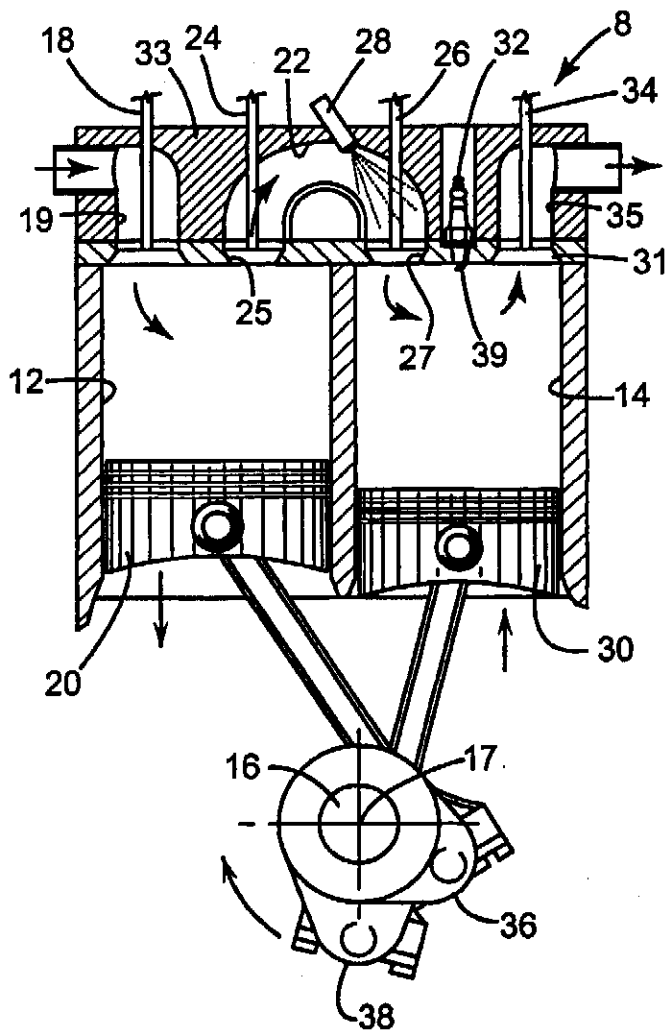
30

35

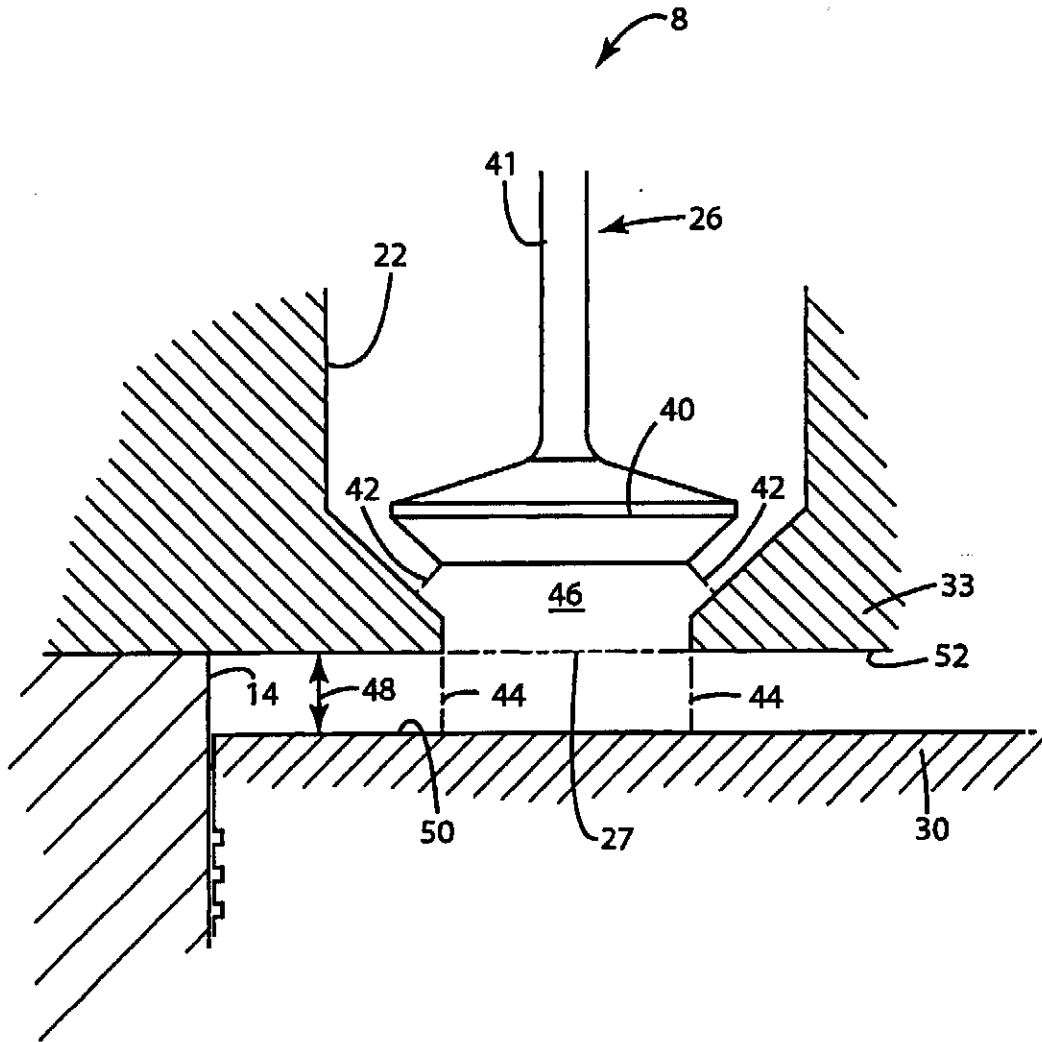
40

45

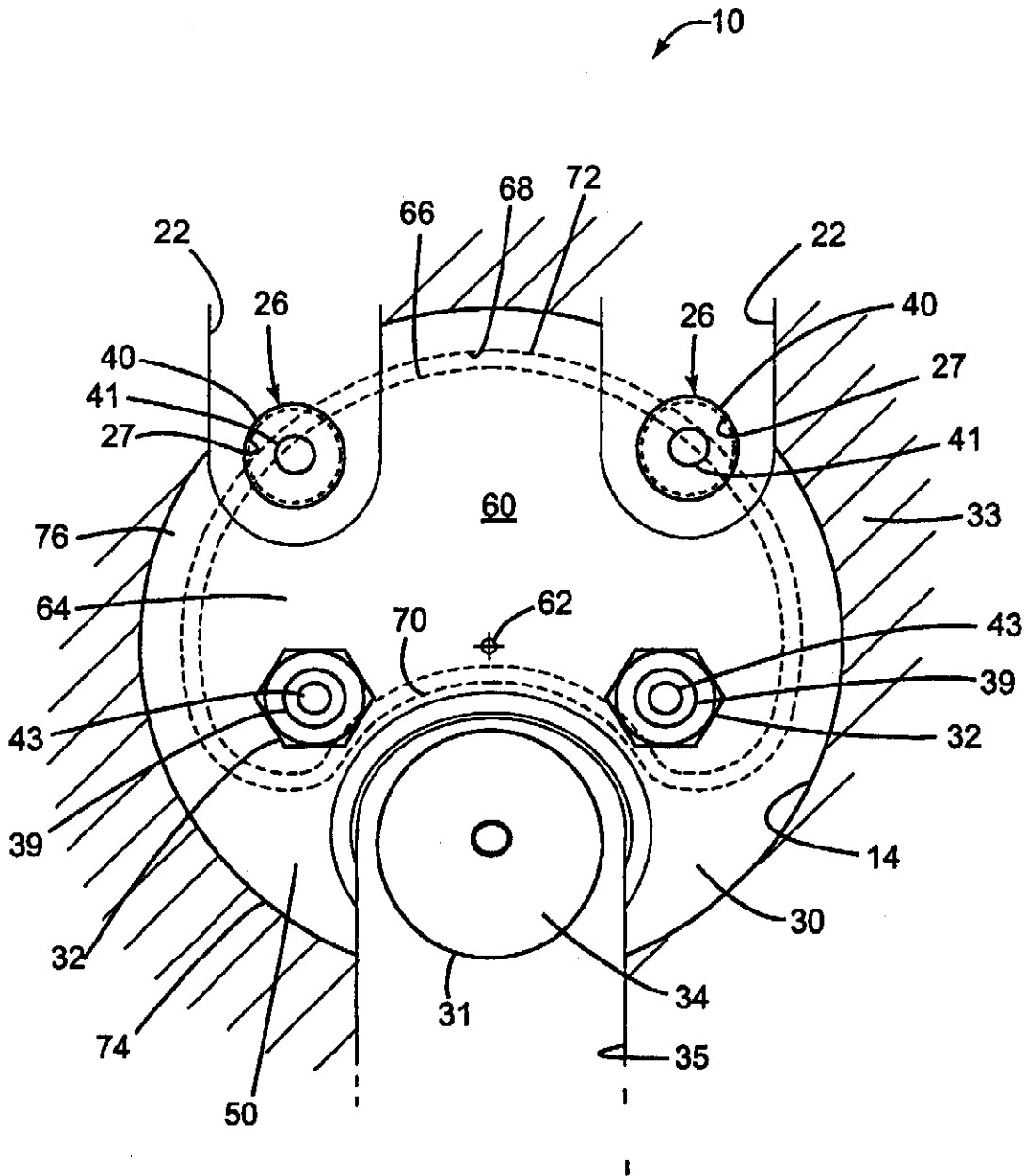
50



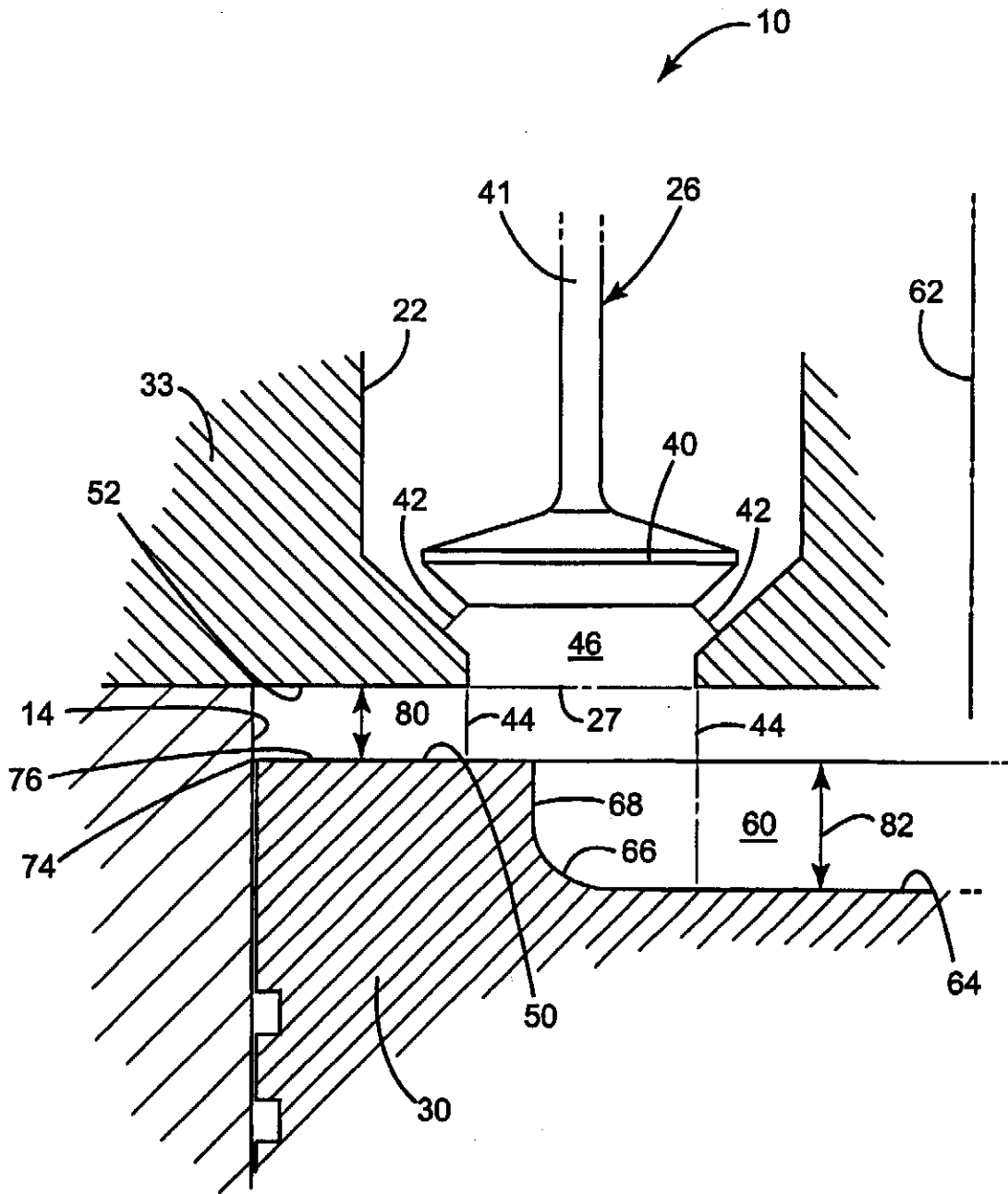
Уровень техники
Фиг. 1



Уровень техники
Фиг. 2



Фиг. 4



Фиг. 5