

УДК.621.436

В.В. ШПАКОВСКИЙ, О.Ю. ЛИНЬКОВ, В.В. ОСЕЙЧУК*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», Украина***ЭЛЕКТРЕТЫ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Рассмотрена модель процесса сгорания в двигателе с поверхностным слоем корундового электрета на донышке поршня. Результаты экспериментальных исследований не отвергают гипотезу о влиянии корундового электрета на процесс сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания и снижение удельного эффективного расхода топлива. Получены результаты, позволяющие оценить степень влияния корундового электрета на технико-экономические показатели работы двигателей Д240Л, Д65НТ1 и других. Для оценки влияния электретного эффекта на показатели рабочего процесса следует провести исследования с другими теплоизолирующими материалами обладающими и не обладающими электретным эффектом.

двигатель, сгорание, корунд, поршень, показатели, электреты, дизель**Введение**

Одним из наиболее перспективных путей улучшения топливно-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является совершенствование рабочего процесса, которое может быть достигнуто введением в топливо различных присадок, предварительной магнитной или каталитической переработкой топлива, размещением каталитических элементов в камере сгорания, применением каталитически активных покрытий на деталях камеры сгорания для организации термокatalитической конверсии топлива.

Применение теплозащитного керамического покрытия на донышке поршня двигателя Д20 позволило снизить удельный эффективный расход топлива на 4 – 5% [1].

При установке поршней с корундовым поверхностным слоем в ДВС наблюдается снижение расхода топлива на всех режимах работы двигателей и увеличивается их максимальная мощность. Это происходит как в бензиновых, так и в дизельных двигателях.

Некоторые исследователи объясняют этот эффект

снижением механических потерь от трения поршня о гильзу, так как коэффициент трения корундового слоя о чугунную гильзу в 8 – 12 раз меньше, чем поршня из алюминиевого сплава. Другие – уменьшением теплоотвода через поршень в окружающую среду и возрастанием температуры в камере сгорания, что приводит к более быстрому и более полному сгоранию топлива, а значит к снижению удельного эффективного расхода топлива и увеличению максимальной мощности двигателя [2]. Однако иногда изменения рабочего процесса бывают чрезмерно велики и объяснение этого эффекта только повышением температуры стенок камеры сгорания недостаточно [1]. Появилась гипотеза о влиянии электретного эффекта на процесс горения топлива.

Формулирование проблемы

Анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что практически не проводилось исследований по применению электретов в ДВС и влиянию их на процесс горения топлива в камере сгорания.

Целью статьи является попытка объяснить

электретным эффектом корундовой керамики снижение расхода топлива при установке в двигатель поршней с корундовым поверхностным слоем на доньшке, обладающим электретным эффектом.

Решение проблемы. Использование электретного эффекта в ДВС

Несколько слов о природе электретного эффекта. Электретом может быть диэлектрик с квазипостоянным электрическим зарядом, имеющий глубокие уровни захватов электронов и глубокие потенциальные ямы для ионов и дипольных молекул. Электретное состояние характеризуют заряды и вызываемое ими электрическое поле, а так же токи деполяризации, являющиеся своеобразным откликом электрета на нагревание. Электрическое поле электрета образуется как поверхностными, так и объемными зарядами. Для изготовления электретов применяют следующие методы зарядания и поляризации: инъекцией зарядов из прилегающего металлического слоя или осаждением заряженных носителей внутрь диэлектрика через неметаллизированную поверхность при электрическом разряде, контактной электризацией, генерацией носителей нагревом с одновременным разделением зарядов приложенным полем. Электреты имеют остаточную поляризацию и свободные заряды. Это приводит к тому, что на поверхности электрета располагается эффективный поверхностный заряд, а вокруг электрета образуется постоянное электрическое поле.

Постоянное поле электрета можно использовать как непосредственно, так и косвенным способом, путем индуцирования переменного тока в поле электрета. Для получения электретов с заданной поверхностной плотностью зарядов необходимо одновременное воздействие на диэлектрик электрического поля напряжением в несколько кВ и температуры (90 – 160)°С с последующим охлаждением диэлектрика до комнатной температуры в электри-

ческом поле. Стабильные электреты могут быть получены и при комнатной температуре, при поляризации тонких пленок в импульсах напряжения от 0,5 до 2 кВ длительностью от 10^{-2} до 10^{-7} сек. при кратковременной поляризации. Однако, чем выше температура поляризации, тем дольше живёт электрет при высоких температурах. В нашем случае корундовый анодоэлектрет образуется на доньшке поршня в процессе гальваноплазменной обработки при напряжении (500 – 1000) В, при температуре плазмы и охлаждении в электролите до комнатной температуры в электрическом поле. Плотность поверхностного заряда корундоэлектрета составила – $3,9 \cdot 10^{-4}$ Кл/м².

В некоторых областях промышленности начали использовать электретный эффект для изготовления различных приборов. Уже изготовлены электрические двигатели на электретах, использующие взаимодействие электрета с электрическим полем плоского конденсатора. Применяются электретные форсунки для распыления жидкости. Распыл жидкости происходит в результате зарядки капель, при взаимодействии с заряженной поверхностью электрета. Также изготавливаются мембраны, конденсаторные микрофоны, аккумуляторы энергии. Электретные элементы применяются и в качестве источников электрического поля в измерительной технике.

При работе ДВС электреты могут быть использованы для воздействия на топливо [3], на процесс сгорания топлива [4], для впрыска топлива с помощью электретных форсунок [5], для нейтрализации отработавших газов и влияния на процесс трения.

Электретный корундовый теплозащитный слой на доньшке поршня, по нашему мнению, способствует ускорению процесса сгорания топлива и уменьшает теплоотвод через поршень, что даёт возможность использовать это тепло для лучшей организации процесса сгорания. При использовании поршней с электретным корундовым поверхност-

ным слоем в процессе сжатия в камере сгорания, к моменту впрыска топлива, температура и давление воздуха имеют повышенные значения. Так в дизеле 4ЧН12/14 в момент впрыска топлива в камеру сгорания с теплоизолирующей корундовой поверхностью поршня температура воздуха на 100° , а давление на 0,3 МПа выше, чем без корундового слоя. Такой температурный режим и, на наш взгляд, электрическое поле корундоэлектрета обеспечивают электростатическое распыливание с образованием тонких струй и сразу, после впрыска топлива, начало распада топливных молекул, то есть протекание предпламенных процессов. В процессе автоокисления при повышенной температуре в электрическом поле корундоэлектрета ускоряется образование свободных радикалов. Образовавшиеся альдегиды, СО и перекисные соединения заменяются активными молекулами с образованием холодного пламени в более короткий промежуток времени. Под воздействием электрического поля электрета ускоряется диффузия активных частиц в свежий заряд и холодное пламя быстрее распространяется по всему объёму камеры сгорания. Сокращается время начала процесса цепного самоускорения реакции. С повышением температуры и давления происходит высокотемпературное воспламенение. Сгорание доли топлива, впрыснутой за меньший промежуток времени обеспечивает более плавное увеличение скорости тепловыделения и скорости нарастания давления. Период задержки воспламенения топлива снижается на 20 – 30%. Это обуславливает более мягкую работу дизеля. Аналогичные результаты сокращения периода задержки воспламенения на 2^0 – 3^0 п.к.в. получены при исследовании [6] влияния термоизолирующего покрытия доньшка камеры сгорания в поршне на параметры рабочего процесса в двигателе Д20.

Во второй фазе горения из-за теплоизолирующего корундоэлектретного слоя доньшка поршня и

электростатического распыливания происходит лучшее перемешивание впрыснутого топлива с воздухом, повышается температура сгорания и это обеспечивает более быстрое и более полное сгорание топлива. Происходит более эффективное сгорание, приводящее к снижению удельного эффективного расхода топлива. Такие же результаты были получены в работах [1, 6], однако эффект объяснялся только теплоизоляцией камеры сгорания.

В Старо-Салтовском РТП Харьковской области нами были проведены ускоренные стендовые испытания тракторного дизеля Д240Л, со снятием регуляторной характеристики. Эти испытания показали, что поршни с корундоэлектретным слоем обеспечили снижение удельного расхода топлива на 6,58% и повышение максимальной мощности на 8,66%. При проведении полевых ресурсных испытаний указанного дизеля, установленного на трактор Беларусь, за период более 15000 моточасов расходы топлива и масла были ниже норм, установленных для новых дизелей.

На испытательной базе ПО «Южный машиностроительный завод» с нашим участием были проведены испытания двигателя Д65НТ1 с корундоэлектретным поверхностным слоем на поршнях. Было получено снижение удельного расхода топлива на 5,1% и повышение развиваемой мощности на 4,4% [7].

На Мелитопольском моторном заводе в лаборатории испытания двигателей экспериментального цеха при участии А.И. Беседина, А.Ф. Реппих и Ю.Г. Оганова нами была проведена оценка влияния теплоизолирующего корундоэлектретного поверхностного слоя на экономические показатели двигателя МеМз – 245. Испытания проводились при сравнении нагрузочных характеристик для серийной комплектации двигателя и опытной (с поршнями с корундовым поверхностным слоем) при частотах вращения коленчатого вала 1500 и 3000 мин⁻¹.

Результаты испытаний показали что, часовой и удельный расход топлива двигателя с корундовыми поршнями во всём диапазоне нагрузок имеет более низкие значения на 1,7 – 8,3%, а на холостых оборотах – на 10%.

Выводы по исследованию

Таким образом, результаты экспериментальных исследований не отвергают гипотезу о влиянии корундового электрета на процесс сгорания и снижение удельного эффективного расхода топлива, особенно на режимах малых нагрузок. В дальнейших работах следует провести более углубленные исследования по влиянию электретного эффекта на процессы, протекающие в камере сгорания.

Учет возможного влияния электретного покрытия на показатели рабочего процесса двигателя может быть осуществлен путем экспериментального исследования различных низкотеплопроводных покрытий, имеющих и не имеющих указанный эффект.

Литература

1. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания. – Л.: Машиностроение, 1978. – 119 с.

2. Чигиринова Н.М., Чигиринов В.В, Чигиринов В.Е. Оксидные керамические покрытия-эффективная тепловая защита рабочих поверхностей деталей ЦПГ // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 30-33.

3. Григорьев А.И., Ширяева С.О. Капиллярные неустойчивости заряженной поверхности капель и электродиспергирование жидкостей // Механика жидкости и газа. – 1994. – № 3. – С. 3-22.

4. Салимов А.У. Балабеков М.Т. Багдасаров А.М. Вопросы теории электростатического распыливания и интенсификации процессов сгорания жидких топлив. – Ташкент: Изд-во «Фан» Узбекской ССР, 1968. – 111 с.

5. Бершова И.В., Гладкова Н.Ю. Улучшение качества распыливания жидкости за счёт наложения электрического поля // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. тр. фак. транспортного машиностроения. – Х.: НТУ«ХПИ». – 2006. – С. 16-21.

6. Чепиль В.С., Гордиенко Я.И. Исследование влияния теплоизолирующего покрытия доньшка камеры сгорания в поршне на параметры рабочего процесса и тепловое состояние двигателя Д20 // Двигатели внутреннего сгорания: Сб. научн. тр. – Х.: ХГУ. – 1970. – Вып. 10. – С. 46-52.

7. Оценка влияния корундового поверхностного слоя камеры сгорания поршня на ускорение предпламенной подготовки топлива / В.В. Шпаковский, А.П. Марченко, В.А. Пылёв, О.Ю. Линьков, В.В. Осейчук // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. тр. Тем. вып. «Машиноведение и САПР». – Х.: НТУ «ХПИ». – 2007. – Вып.29. – С. 115-121.

Поступила в редакцию 12.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Пылёв, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.