

УДК 621.432

МЕТОД МДО ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ИЗНОСО- И ТЕПЛОСТОЙКОСТИ
ЭЛЕМЕНТОВ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС

Е. С. ОШКАЛО, А. С. САНОЧКИН

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
Барнаул, Россия

При проектировании и эксплуатации автотранспортных средств (АТС) необходимо учитывать факторы, влияющие на износ. При всех возникающих отказах и утрате работоспособности АТС значимой проблемой является выход из строя силового агрегата. Одним из силовых агрегатов является ДВС. Задача ДВС – преобразование энергии, полученной вследствие воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси (ТВС), в механическую работу, что сопровождается высокими термическими нагрузками. В наибольшей степени термическим нагрузкам подвергается поршень. Возникновение в надпоршневом пространстве высокого давления и температуры рабочего тела может стать причиной прогорания днища поршня. Это возникает в результате жесткой работы ДВС и выражается разрушением поверхности поршня в зоне контакта с ТВС.

Повышение работоспособности и ресурса поршневой группы двигателя достигается за счет изоляции днища поршня от разрушающих воздействий температурных нагрузок. Теплоизоляция днища поршня может быть осуществлена посредством микродугового оксидирования (МДО). Данный метод подразумевает покрытие днища поршня керамическим слоем, обладающим высокими прочностными характеристиками, имеющим в основе оксид алюминия. Толщина напыления слоя возможна до 400 мкм. Оксид алюминия обладает высокими адгезивными показателями относительно материала основы независимо от условий термоциклических нагрузок.

Предварительно оценивая, насколько тепловая защита поршневой группы двигателя внутреннего сгорания методом МДО будет эффективна, необходимо выполнить, с использованием программы ANSYS [1], температурный анализ. В связи с чем целью данного исследования можно определить целесообразность и значимость покрытия микродугового оксидирования на предмет уменьшения тепловой напряженности поршня.

Для исходных данных расчета было принято, что температура днища поршня ДВС достигает 350 °С, а теплопроводность слоя МДО, выраженная коэффициентом, $\lambda = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. В то время как толщина данного слоя является переменной величиной, изменение происходит дискретно, начиная от 20 мкм и заканчивая 200 мкм, с ориентацией на оптимальную прогнозируемую толщину слоя и на возможности процесса МДО.

При выполнении экспериментальной вычислительной части установочным показателем было температурное значение со стороны картера на днище поршня ДВС. По итогам проведения предварительной расчетной части можно отметить, что при толщине в 80...120 мкм происходит падение температурных

показателей со стороны картера в пределах 42 °С...57 °С относительно поршня, не имеющего МДО-покрытия.

Для верификации вышеуказанных расчетов проводились эксперименты на спроектированном безмоторном стенде [2] на определение теплозащитных показателей МДО-слоя. В надпоршневом пространстве увеличивали температуру до показателей 780 °С...800 °С благодаря использованию газовой горелки. Данные значения соответствуют реальному ДВС, его расчетным рабочим характеристикам. Температура охлаждающей среды, в том числе, соответствует режиму работы реального ДВС. Рассредоточение полученных тепловых областей, формирующихся на днище поршня со стороны картера, было зарегистрировано с помощью тепловизора.

К исследовательскому анализу принят опытный образец, изготовленный из сплава алюминия АК12Д ОСТ 192014–90, поршень, а также аналогичные поршни с применением на днище МДО-покрытия. Применялись напыления теплозащитного МДО-слоя с толщинами 60, 100, 120 и 160 мкм [2].

При обработке полученных результатов было выявлено, что максимальное изменение температурного фона было –27 °С (в абсолютном выражении составило 144 °С). Данные показатели зафиксированы на поршне с толщиной МДО-покрытия, равной 100 мкм. Указанные изменения выявлены в области камеры сгорания, что, несомненно, является востребованным для форсированных ДВС.

Следующие эксперименты выполнялись при применении испытательного стенда на поршневом двигателе. Были задействованы три поршня – поршень, не имеющий теплоизолирующего покрытия, поршень с покрытием толщиной 76 и 108 мкм; также были использованы индикаторы температуры на внутренней поверхности [2]. По итогам исследования: при отсутствии покрытия пиковая температура в области внутренней стороны днища превзошла 300 °С (отмечается срабатывание всех индикаторов), температура в той же области поршней с покрытием находится в интервале 222 °С...255 °С, таким образом, падение температуры произошло в диапазоне 45 °С.

Таким образом, продемонстрирована целесообразность применения МДО-покрытия для предохранения поршней от термических нагрузок. Об устойчивости покрытия свидетельствует отсутствие повреждений на днище. По итогам полученных результатов, предпочтительная толщина слоя 100 мкм. При практических испытаниях показатели температуры снизились на 45 °С...78 °С. С расчетной моделью данный факт коррелирует наиболее оптимально.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ANSYS [Электронный ресурс] / Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>.
2. Методы топологической оптимизации поршня ДВС [Электронный ресурс] / Яндекс. Поисковая система. – Режим доступа: https://aviatp.ru/files/enginewg/recengines/Tezisy_dokladov.pdf.