

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ, ФОРМИРУЕМОГО МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ, НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Н.Ю. Дударева, И.А. Даутов,

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, [dudareva.nyu@ugatu.su](mailto:dudareva.nyu@ugatu.su)

*Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, микродуговое оксидирование, покрытие, температура, коэффициент теплопроводности, теплоемкость, поршень.*

Двигатели внутреннего сгорания довольно часто выходят из строя по причине прогара поршней. Поршень является одной из самых нагруженных деталей двигателей. Именно поршни испытывают воздействие значительных давлений и циклических температурных нагрузок. В результате нередко разрушения элементов поршней: перемычек между поршневыми канавками, кромок по периметру днища, отверстий под палец, днищ поршней в результате прогара [1]. Прогар является одним из самых сложных видов разрушения поршней, из-за которого может произойти поломка всего двигателя. По этой причине защита поршней от прогара является актуальной задачей современного двигателестроения.

Прогар связан с тепловой напряжённостью отдельных элементов поршня. На сегодняшний день одним из перспективных направлений снижения тепловой напряженности и защиты поршней от прогара является формирование на их поверхностях керамических покрытий [2]. Одной из перспективных технологий создания керамических покрытий является микродуговое оксидирование. Эта технология позволяет формировать на поверхностях деталей из вентильных металлов, в том числе алюминиевых сплавов, керамико-подобные модифицированные поверхностные слои (МДО-покрытия), отличающиеся высокой микротвердостью, хорошей адгезией к подложке и низким коэффициентом теплопроводности. Максимальная толщина МДО-покрытий может достигать 400 мкм [3]. Однако установить эффективность таких покрытий для снижения тепловой напряженности поршней в режиме моторных испытаний довольно сложно. Кроме того, из-за сложного фазового состава и неоднородной структуры этих покрытий, до настоящего времени отсутствует информация об их теплофизических свойствах. Целью настоящей работы является исследование влияния МДО-покрытия, формируемого методом микродугового оксидирования на днище, на тепловое состояние поршня методом численного моделирования с использованием актуальных значений коэффициента теплопроводности и теплоемкости покрытия.

Моделирование теплового состояния было проведено в программе SolidWorks Simulation. Для этого использовалась 3D модель поршня двухтактного двигателя со сферическим днищем и модель покрытия. Эти модели соединялись в виде двух деталей сборки. Прежде, на образце-свидетеле был измерен коэффициент теплопроводности покрытия, а на порошке, полученном из покрытия, была определена его теплоёмкость.

Для проведения моделирования к поверхности поршня прикладывались температурные нагрузки - коэффициент теплоотдачи и температура газов, значения которых были получены в ранее проведенных исследованиях [4]. Определялось влияние покрытия на изменение температуры на различных участках поршня: на днище, под днищем, в районе поршневых канавок, на поверхности юбки. Толщина покрытия изменялась в диапазоне 50 – 270 мкм с шагом ~70 мкм. Для сравнения также был проведен расчет теплового состояния поршня без покрытия.

В результате моделирования было установлено влияние толщины покрытия на тепловое состояние поршня. Установлено, что температура поршня благодаря покрытию снижается на 19,2...20,0 °С на его днище при толщине покрытия 270 мкм. Также было установлено влияние толщины покрытия на изменение температуры на других участках поршня.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Государственного задания № FEUE-2023-0007 (УУНУТ).*

### **Список литературы**

1. Ayatollahi M.R., Mohammadi F., Chamani H.R. Thermo-Mechanical Fatigue Life Assessment of a Diesel Engine Piston // International Journal of Automotive Engineering. – 2011. – V. 1. – № 4. – P. 256-266.
2. Никитин М.Д., Кулик А., Захаров Н.И. Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизеля. – Ленинград: Изд-во «Машиностроение», Ленинградское отделение, 1977. – 168 с.
3. Суминов И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Борисов А.М. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов: В 2-х томах. Т. 2. – Москва: Техносфера, 2011. – 512 с.
4. Musin N., Dudareva N. Investigation of the effect of the coating formed by microarc oxidation on the piston top on the thermal state of the internal combustion engine parts // MATEC Web of Conferences. – 2018. – № 224. – P. 03008.

### **Сведения об авторах**

Дударева Наталья Юрьевна, доктор технических наук, доцент, профессор. Область научных интересов: свойства и структура покрытий, формируемых микродуговым окислением на алюминиевых сплавах; влияние МДО-покрытий на надежность отдельных деталей и эксплуатационные характеристики двигателя внутреннего сгорания.

Даутов Идель Алмасович, без степени, без звания, студент. Область научных интересов: влияние керамических покрытий на тепловое состояние отдельных деталей и эксплуатационные характеристики двигателя.

## **MODELING OF THE EFFECT OF A CERAMIC COATING FORMED BY MICROARC OXIDATION ON THE THERMAL STATE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE PISTONS**

Dudareva N.Yu, Dautov I.A.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, dudareva.nyu@ugatu.su

*Keywords: internal combustion engines; micro-arc oxidation, coating, temperature, thermal conductivity coefficient, heat capacity; piston.*

The effect of the coating formed by microarc oxidation on the piston bottom of an internal combustion engine on the temperature distribution in the piston material was studied by numerical simulation. The thickness of the coating varied in the range of 50-270  $\mu\text{m}$ . The values of the thermal conductivity coefficient and the heat capacity of the coating were previously determined in special experiments. These values were used during numerical simulation. A decrease in temperatures was found in certain areas of the piston due to the coating.