

*А. С. Захаров, Ю. С. Багайсков***ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРОВ
БЛОКОВ ДВС ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ****Волжский политехнический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета**

E-mail: zaharov_1999@mail.ru, bagaiskov@bk.ru

Основным материалом для изготовления современных блоков цилиндров служат алюминиевые сплавы. Блоки можно ремонтировать расточкой и введением упрочненных разными способами алюминиевых и чугуновых вставок. Одним из перспективных методов упрочнения является микродуговое оксидирование (МДО) алюминия, где вследствие воздействия высокочастотного электрического разряда в жидкой среде на поверхности образуется высокотвердая оксидная пленка. Вторым вариантом – упрочнение поверхности алюминия при действии коротких электрических разрядов (искр). Для чугуновых вставок подходит лазерное упрочнение. В результате теплового анализа установлено, что алюминиевая гильза с МДО лучше отводит тепло рабочих газов и в целом этот метод достаточно эффективен для повышения надежности и долговечности двигателей автомобилей.

Ключевые слова: двигатели, гильза, алюминий, упрочнение, надежность. оксидирование

*A. S. Zakharov, Yu. S. Bagayskov***RESEARCH OF TECHNOLOGICAL METHODS OF INCREASE
OF STRENGTH OF SURFACE OF CYLINDERS
OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE BLOCKS FROM ALUMINUM ALLOYS****Volzhsy Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University**

Aluminum alloys serve as the main material for manufacturing modern cylinder blocks. Blocks can be repaired by boring and introduction of aluminum and cast iron inserts hardened by different methods. One of the promising methods of hardening is micro-arc oxidation (MDA) of aluminum, where due to the impact of high-frequency electric discharge in a liquid medium, a high-hard oxide film is formed on the surface. The second option is the hardening of the aluminum surface by short electric discharges (sparks). Laser hardening is suitable for cast iron inserts. As a result of thermal analysis it is established that aluminum liner with MDO better removes heat of working gases and in general this method is effective enough to increase reliability and durability of car engines.

Keywords: engines, liner, aluminum, hardening, reliability. oxidation

Растет популярность автомобилей с электротягой, однако количество техники с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) не сокращается. Существует необходимость внедрения в конструкцию двигателей новых современных

технологий [1]. Самыми популярными видами улучшения ДВС становится использования альтернативных видов топлив и внедрения систем принудительного нагнетания воздуха. Результатом этого становится увеличение ко-

эффект полезного действия двигателей, снижение их массы и уменьшение габаритов. Однако, как правило, улучшение одних характеристик ведет к снижению других. Так использование механических нагнетателей ведет к повышению механических и тепловых нагрузок на цилиндропоршневую группу двигателя [2].

Применение альтернативных видов топлив ведет к изменению химического состава среды в камере сгорания, до и после воспламенения топливо-воздушной смеси.

Детали цилиндропоршневой группы являются наиболее нагруженными в ДВС. Они функционируют в условиях воздействия высоких температур, динамических нагрузок, сил трения и агрессивных химических соединений. Износ поршней, колец и рабочих поверхностей цилиндров является одним из основных лимитирующих факторов, определяющих межремонтные периоды двигателя. Увеличение толщины стенок цилиндров чугуновых двигателей привело к их утяжелению, также не помогло в достаточной мере отвести излишнее тепло в систему охлаждения, значительно увеличился расход топлива. Возникла необходимость в новом материале блоков цилиндров.

Таким материалом стали алюминиевые сплавы, чаще всего силумин, смесь алюминия с кремнием. Легкий и хорошо передающий тепло сплав. Именно свойство теплопроводности стало решающим. Помимо уменьшения веса блока, использование алюминия позволяет уменьшить объем системы охлаждения на 35–65 %. Введение кремния в сплав влияет на повышение прочности, но снижается теплостойкость, возрастает сложность обработки отверстий.

Для упрощения технологических процессов стали использоваться методы упрочнения только рабочих поверхностей цилиндров. Одним из таких способов стало плазменное напыление смеси карбида кремния с никелем, заметно увеличивающее ресурс двигателя [3; 4]. Однако серьезным недостатком здесь является чувствительность покрытия к бензину с высоким содержанием серы [5]. В случае образования конденсата водяного пара на стенка цилиндра в сырую погоду при взаимодействии с остатками серы образуется сернистая кислота, которая реагирует с никелем, разрушая его. Помимо этого, такое напыление обладает слишком низкой шероховатостью. Масляная пленка плохо задерживается на нем, возрастает трение.

Автомобили с никелево-кремниевым напылением, управляемые качественным топливом,

могут перейти отметку 200 тысяч километров (при стандартных значениях 100–150 тысяч), в то время как на высокосернистом бензине ресурс может закончиться и на 30–50 тысячах километров.

При выходе двигателя из строя, такие блоки ремонтируются расточкой и введением чугунных вставок. Однако при этом невозможно восстановить заводское покрытие, есть проблемы высокой стоимости новых заводских агрегатов. Кроме того в результате такого ремонта при эксплуатации повышается температура охлаждающей жидкости, растет расход топлива. Наблюдается повышенный износ цилиндров, в блоке могут появляться трещины. В отдельных случаях происходит полное разрушение стенки блока и гильзы цилиндра, к полной утрате работоспособности двигателя [6; 7].

Поэтому прежней проблемой является поиск оптимальных методов упрочнения рабочей поверхности стенки цилиндров двигателей. В этом направлении можно рассматривать введение упрочненных разными способами алюминиевых и чугунных вставок.

Одним из перспективных методов упрочнения является микродуговое оксидирование (МДО) алюминия – это процесс, при котором поверхность алюминия подвергается высокочастотному электрическому разряду, что приводит к образованию оксидной пленки на поверхности металла [8]. Получается многослойное рабочее покрытие повышенной прочности и твердости из оксида алюминия по свойствам и составу схожее с электрокорундом (рис. 1).

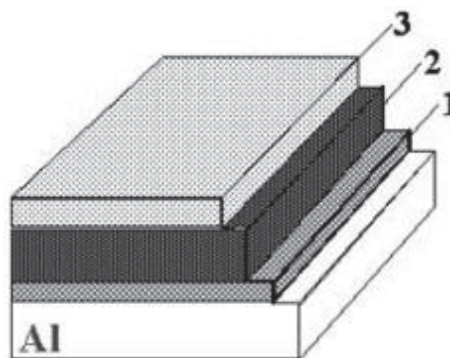


Рис. 1. Структура МДО-покрытия:
1 – переходной слой; 2 – рабочий слой; 3 – муллит

Верхний рыхлый слой муллита удаляется при обработке с алмазной пастой на токарном станке. Окончательно необходимо провести хонингование алмазными брусками. При этом создается сетка следов обработки, благоприят-

ная для задержания масляной пленки при работе двигателя.

Второй вариант – искровое упрочнение алюминия – это специальная обработка металла, при которой поверхность алюминия подвергается коротким воздействиям электрических разрядов (искр). Это приводит к повышению прочности и твердости металла за счет изменения его структуры на поверхности, улучшению износостойкости и усталостной прочности. Однако это делает финишную обработку такой поверхности более сложной задачей. Для шлифования поверхности сразу после упрочнения предлагается использовать внутреннее шлифование инструментом из электрокорунда, далее можно применить алмазную пасту, после чего произвести алмазное хонингование.

Для чугунных вставок можно рассмотреть лазерное упрочнение – это современная технология термической обработки металлов и сплавов, включая чугун, с использованием лазерного излучения. Этот метод применяется для улучшения механических свойств поверхностного слоя материала, существенно поднимает твердость от 450HV до 800HV. Поверхность получается с низкой шероховатостью, что дает возможность сразу перейти к процессу хонингования.

Проведя тепловой анализ в программе SolidWorksSimulation (рис. 2), можно сделать вывод, что алюминиевая гильза лучше отводит тепло рабочих газов и имеет более плавный температурный градиент, что положительно скажется на работе двигателя автомобиля.

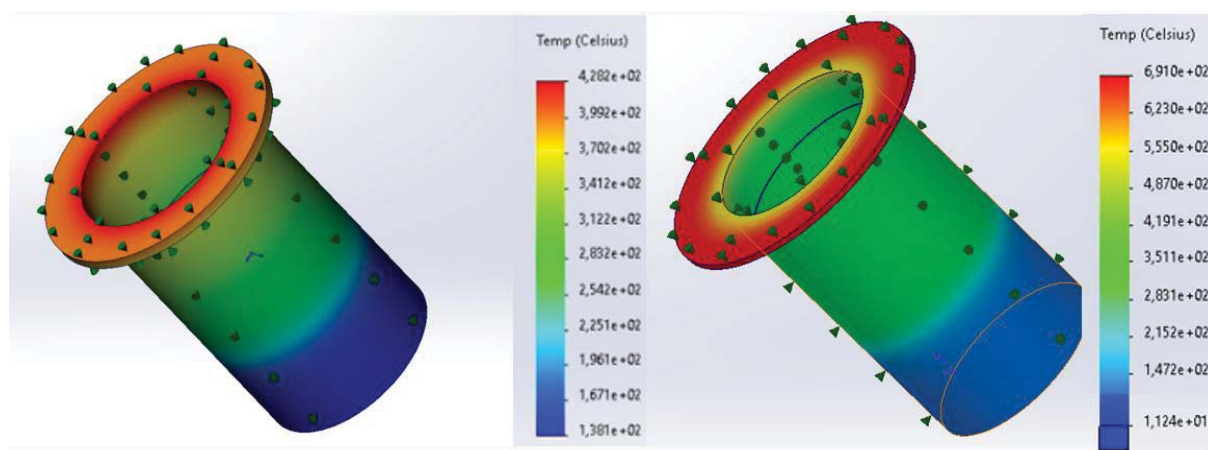


Рис. 2. Тепловой анализ алюминиевой гильзы ДВС (слева) и чугунной (справа)

Достаточно много свидетельств [8; 9], что метод МДО достаточно эффективен, имеет ряд преимуществ и может быть применен при ремонте и восстановлении двигателей автомобилей.

Таким образом микродуговое оксидирование следует рассматривать как предпочтительный метод повышения надежности и долговечности современных двигателей внутреннего сгорания из алюминиевых сплавов, соответствующий современным требованиям и критериям оценки качества механических узлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гарипов, М. Д. Перспективы развития поршневых ДВС / М. Д. Гарипов, Б. П. Рудой // Инновационные проблемы развития машиностроения в Башкортостане : сб. науч. трудов. – Уфа : Гилем, 2003. – С. 33–48.
2. Качканьян, Р. А. Пути снижения потерь на трение в кривошипно-шатунном механизме поршневых ДВС / Р. А. Качканьян, К. С. Кульмагамбетов // Молодой ученый. – 2016. – № 10. – С. 231–234.
3. Kainer K. U. (ed.). Metal matrix composites: custom-

made materials for automotive and aerospace engineering. – John Wiley & Sons, 2006.

4. Srivastava M., Sinha U., Muniprakash M., Mithran A. et al. Wear Resistant and Fuel Efficient Ni-Co Based Composite Coating for Engine Cylinder Application. SAE Technical Paper 2017-26-0165. 2017, <https://doi.org/10.4271/2017-26-0165>.

5. Goodman J. Nikasil and Alusil //Engine Professional. 2008. – С. 18-22.

6. Lenny J. Replacing the cast iron liners for aluminum engine cylinder blocks: a comparative assessment of potential candidates //Rensselaer Polytechnic Institute Hartford, Connecticut, 2011.

7. Dell R., Rand D. A. J. Clean energy. Royal Society of Chemistry, 2004. – Т. 5

8. Криштал, М. М. Использование технологии микродугового оксидирования при разработке ДВС с блоком цилиндров из алюминиевого сплава / М. М. Криштал, П. В. Ивашин, П. В. Коломиец // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 12, № 4, 2010. – С. 242–246.

9. Мусин, Н. Х. Повышение износостойкости и снижение механических потерь двигателя внутреннего сгорания посредством искрового упрочнения и микродугового оксидирования рабочей поверхности цилиндра : дисс. ... канд. тех. наук: 05.04.02. – УУНиТ. – Уфа, 2018. – 158 с.