

УДК 621.431.3-2

Н. Ю. ДУДАРЕВА, С. А. СОКОЛОВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРОЧНЕНИЯ ВЕРХНИХ ПОРШНЕВЫХ КАНАВОК ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО УПРОЧНЕНИЯ

Рассматривается пример конкретной реализации формирования упрочненного слоя на торцевой поверхности канавки поршня методом искрового упрочнения в воздушной среде, который позволяет формировать на поверхности деталей из алюминиевых сплавов высокотвердое износостойкое покрытие. Приведено описание методики и результатов эксперимента по исследованию влияния качества упрочненного поверхностного слоя на износостойкость поверхностей канавки поршня ДВС. *Верхние поршневые канавки; метод искрового упрочнения; двигатель внутреннего сгорания*

Наиболее нагруженной и напряженной деталью цилиндропоршневой группы современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является поршень. Поэтому для обеспечения безотказной и долговечной работы ДВС необходимо обеспечить, прежде всего, надежность и долговечность поршня. Надежность поршней зависит в основном от материалов, из которых они изготавливаются, и методов поверхностного упрочнения.

Широкое распространение в ДВС на сегодняшний день получили поршни из алюминиевых сплавов. Основными достоинствами таких поршней является их низкая масса, технологичность в обработке, высокие значения параметров теплопроводности и коррозионной стойкости [1]. Однако алюминиевые сплавы имеют низкую износостойкость.

Монометаллические поршни из алюминиевых сплавов чаще всего выходят из строя по причине износа двух верхних канавок [2]. Основываясь на требованиях, предъявляемых к поверхностному слою поршневых канавок, а также, учитывая условия работы поршня, для повышения износостойкости верхней поршневой канавки был предложен метод искрового упрочнения.

Метод упрочнения поверхностей деталей — искровое упрочнение — разработан на кафедре ДВС УГАТУ [3, 4]. Суть этого метода заключается в том, что под действием искрового разряда в тонком поверхностном слое детали происходят значительные изменения, которые касаются химического состава поверхности, ее структуры, рельефа и ме-

ханических свойств. В результате искрового упрочнения на поверхности детали формируется модифицированный слой. По своему составу этот слой состоит из корунда —  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и обладает высокой микротвердостью. Благодаря технологии искрового упрочнения можно сформировать на поверхности детали модифицированный слой, прочно сцепленный с подложкой и характеризующийся высокими механическими, теплостойкими и износостойкими свойствами.

Целью данной работы является исследование возможности упрочнения верхних канавок поршней ДВС из алюминиевых сплавов методом искрового упрочнения.

Объектом исследования является поршень, предметом исследования — поверхность поршня, модифицированная методом искрового упрочнения.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Упрочненный слой был сформирован на поверхности верхних поршневых канавок поршней двигателя внутреннего сгорания ЭМ-100. Поршни были изготовлены из алюминиевого сплава марки АК5М7 (по ГОСТ 1583-93), диаметр поршня — 42 мм.

Упрочнение канавок поршня было осуществлено методом искрового упрочнения при помощи трех установок, генерирующих искровой разряд между электродом и поверхностью заготовки. Поршень был зафиксирован в патроне и вращался с постоянной скоростью относительно неподвижных электро-

дов, которые располагались в поршневых канавках (рис. 1). Электрод размещался таким образом, чтобы обеспечивалась равномерная обработка обеих рабочих поверхностей канавки одновременно. Электрод представлял собой цилиндрический стержень (рис. 1) диаметром 1,5 мм и был выполнен из алюминиевого сплава А5Е (по ГОСТ 11069-74).

Технологические параметры искрового упрочнения канавок поршней:

- межэлектродный зазор —  $0,25 \div 0,35$  мм;
- скорость вращения поршня относительно электрода — 1 об/мин;
- рабочая среда — воздух;
- энергия искрового разряда  $\sim 0,1$  мДж;
- частота импульсов  $\sim 6 - 7$  Гц;
- количество одновременно обрабатываемых электродов — 3.

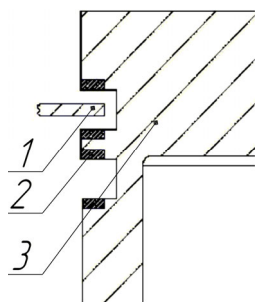


Рис. 1. Схема расположения электрода: 1 — электрод; 2 — упрочненный слой; 3 — поршень

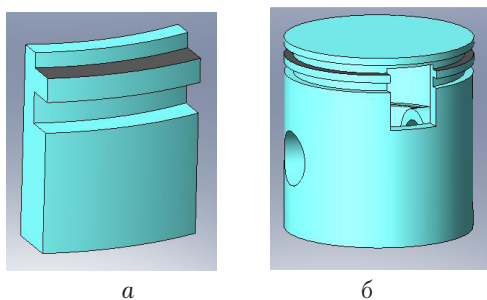


Рис. 2. Поршень с образцом-свидетелем: образец-свидетель поршня с упрочненным слоем (а); поршень после выреза образца-свидетеля (б)

Особенности технологии искрового упрочнения таковы, что глубина, микротвердость и износостойкость упрочненного слоя (УС), во многом зависят от продолжительности обработки поверхности. Поэтому согласно вышеописанной методике были обработаны два поршня с различной продолжительностью обработки, чем и было обусловлено формирование упрочненных слоев с различными характеристиками: глубиной слоя, микротвердостью и, как следствие, износостойкостью.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения твердости и глубины упрочненного слоя из поршня вырезались образцы-свидетели (рис. 2, а). Вырезание образцов-свидетелей осуществлялось на установке с ЧПУ AGIETRON IMPACT, медным электродом коробчатого типа в среде электролита. Изображение поршня после вырезания образца-свидетеля приведено на рис. 2, б.

Микротвердость и глубина упрочненного слоя измерялась на образце-свидетеле при помощи микротвердомера ПМТ-3М с нагрузкой  $P = 200$  г. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ поршня	Микротвердость $H_m$ , ГПа	Глубина УС $h$ , мкм
1 (без упроч.)	0,95	0,0
2	10,78	8,7
3	17,50	15,7

Поршень № 3 имел наиболее высокие значения микротвердости и глубины УС, что должно обусловить его наибольшую износостойкость. Поэтому для исследования на износ был выбран поршень № 1 (без упрочненного слоя) и поршень № 3 (с упрочненным слоем).

Для проведения предварительных исследований на износостойкость был создан стенд. За основу стенда взят двигатель ЭМ-100, который имеет схему с противоположно движущимися поршнями, что позволяет одновременно испытывать два поршня.

Привод стенда осуществлялся от электродвигателя АИР80А2УЗ. Через ременную передачу крутящий момент подавался на один из выходных валов двигателя ЭМ-100, и составлял  $2600 \text{ мин}^{-1}$ . Испытание проходило в течение двух часов в режиме холодной обкатки.

Об износе канавки судили по разности ее начальной и конечной высоты. Замер высоты канавки осуществлялся по 5 точкам, начиная от технологической метки на днище поршня по часовой стрелке через  $72^\circ$ . Измерения проводились при помощи микроскопа микротвердомера ПМТ-3М. В табл. 2 приведены результаты измерений износа по длине поршневой канавки.

Таблица 2

№ поршня	Нач. высота канавки $h_o$ , мм					Ср. знач. $h_{0cp}$ , мм	Высота канавки после испытаний $h_k$ , мм					Ср. знач. $h_{kcp}$ , мм	Ср. велич. износа $\Delta h$ , мм
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
1	1,66	1,64	1,8	1,78	1,76	1,74	1,86	1,84	1,86	1,84	1,89	1,86	0,12
3	1,86	1,7	1,7	1,76	1,7	1,76	1,89	1,77	1,79	1,75	1,7	1,78	0,02

### ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Методом искрового упрочнения на торцевых сторонах поршневой канавки при помощи трех-электродной установки можно сформировать модифицированный слой, микротвердость которого в 18,5 раз выше, чем микротвердость необработанного образца и составляет 17,5 ГПа.

Испытания поршневой канавки в режиме холодной обкатки двигателя показали, что износ канавки поршня, обработанного методом искрового упрочнения, уменьшился в 6 раз по сравнению с необработанным поршнем.

Полученные результаты подтверждают возможность применения метода искрового упрочнения для повышения износостойкости поршневых канавок ДВС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вырубов, Д. Н.** Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей : учеб. для студ. вузов / Д. Н. Вырубов, С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко [и др.] ; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. М. : Машиностроение, 1984. 384 с.
2. **Крагельский, И. В.** Трение, изнашивание и смазка : справочник. В 2-х кн. Кн. 2 / под ред.

И. В. Крагельского и В. В. Алисина. М. : Машиностроение, 1979. 358 с.

3. **Рудой, Б. П.** Пат. 2176682. Способ упрочнения поверхностей деталей / Б. П. Рудой, Н. Ю. Дударева, Р. А. Гуняков.
4. **Rudoï, B. P.** Strengthened oxidizing of a superficial layer of details from aluminium alloys for air engines / B. P. Rudoï, N. J. Dudareva // Symp. on Actual Problems of Aircraft Engines Construction. Ufa : USATU, 1999. P. 35.

### ОБ АВТОРАХ



**Дударева Наталья Юрьевна**, доц. каф. ДВС, зам. декана ФАД. Дипл. инж.-мех. по технол. машиностр. (УГАТУ, 1994). Канд. техн. наук по тепл. двигателям (там же, 1999). Иссл. в обл. износостойких покрытий для деталей ДВС.



**Соколов Сергей Александрович**, магистрант той же каф. Готовит дис. в обл. износостойких покрытий для деталей ДВС.