

УДК 621.9.858.562.8

Ю.Н.Макарова (6 курс, каф. ТМ), С.Н.Степанов, к.т.н., доц.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ (МДО) ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

При создании моноблоков цилиндров из алюминиевых сплавов наибольшее внимание уделяется улучшению износостойкости и противозадирных свойств рабочей поверхности цилиндров при работе в парах с поршневыми кольцами и алюминиевой юбкой поршня, а также, механических свойств алюминиевого сплава в условиях высоких тепловых и механических нагрузок.

Следует отметить, что работы по созданию износостойкой рабочей поверхности алюминиевых гильз цилиндров проводятся достаточно давно. Например, фирма Mahle ведет эти работы уже более 50 лет. При этом особая интенсивность проведения таких работ различными фирмами наблюдается в последнее десятилетие.

Основное применение МДО нашло там, где требуется высокая износостойкость деталей и, при этом, износостойкость контртела не лимитируется. Главные ограничения в широком применении этого метода были обусловлены трудностями в поддержании стабильности процесса при обработке большого количества деталей (прежде всего, из-за изменения свойств электролита в процессе работы) и при обработке крупногабаритных изделий (появление неоднородности и неустойчивости процесса).

В качестве объектов исследования были выбраны алюминиевые сплавы с упрочнением поверхности методом МДО по технологии фирмы «ТОРСЭТ» (г. Москва).

Ниже приведены некоторые сведения об исследованных в работе сплавах.

Сплав АК6М2 – литейный сплав, используется в АО «АВТОВАЗ» для изготовления головок блоков цилиндров, относится к группе доэвтектических силуминов.

Сплав АК9 – литейный сплав, относится к группе доэвтектических силуминов.

Сплав В124 – литейный сплав, используется в АО «АВТОВАЗ» для изготовления крышек статора РПД, относится к группе доэвтектических силуминов.

Сплав АК12ММгН – литейный сплав, относится к группе эвтектических силуминов.

Сплав ВАЛ-10 – литейный авиационный бескремнистый высокопрочный и жаропрочный сплав; обладает плохими литейными свойствами.

Сплав АК4-2ч – деформируемый авиационный сплав с высокой стабильностью механических свойств, при длительной работе при высоких температурах (175...200°C) и относительно низким КЛР.

Основа технологии ООО «ТОРСЭТ» состоит в том, что алюминиевую деталь помещают в щелочной электролит, содержащий пирофосфат-ионы ( $P_4O_7^{-4}$ ), и ведут процесс анодного осаждения при постоянном или повышаемом по мере утолщения покрытия напряжении до контролируемого прекращения пробоя слоя покрытия

Триботехнические испытания проводили по основной методике на созданном в Лаборатории трения и смазочных материалов ОИСиСМ ИЦ (ОАО АвтоВАЗ) специализированном стенде. Стенд специально модернизирован для проведения испытаний пары «кольцо – цилиндр», в результате чего появилась возможность проведения испытаний на плоских малогабаритных образцах в масляной ванне в диапазоне температур 110°...320°C.

Для триботехнических испытаний на «Специализированном стенде с возвратно-поступательным движением образцов» изготавливались образцы двух типов:

- плоские образцы, размером  $25 \times 9 \times 2,5$  мм<sup>3</sup>, из материала гильзы цилиндра: серийного (чугун Gh 190) или алюминиевого сплава с покрытием по технологии фирмы «ТОРСЭТ»;
- контрообразцы-сегменты серийного поршневого кольца (чугун ВЧ60, покрытый гальваническим хромом).

Определялись следующие характеристики износа. Весовой износ образца и контрообразца – на аналитических весах ВЛР-200. Погрешность определения весового износа – 0,17 мг с доверительной вероятностью 90%. Линейный износ образца и контрообразца – путем измерения на инструментальном микроскопе ИМЦ150\*50,Б геометрических параметров пятен износа с последующим пересчетом для разделения составляющих износа кольца и гильзы. Инструментальная погрешность определения геометрических параметров пятен износа при доверительной вероятности  $P=0,997-5$  мкм; при  $P=0,8-2$  мкм. Суммарный линейный износ определялся с помощью датчика перемещений с точностью 0,01 мм. Тем самым, мы определили, какой материал наиболее подходит для испытаний.

В этой части работы решалась задача оценки качества покрытия, получаемого методом МДО на различных алюминиевых сплавах, с учетом его триботехнических свойств в паре с верхним поршневым кольцом, то есть в условиях нормального механохимического износа.

Дополнительные исследования МФЛ проводились с помощью оборудования Micromet-II, НЕОРНОТ 32. Были проведены замеры геометрии слоев, проанализированы химический состав и микроструктуры образцов при различных нагрузках.

Результаты исследования показали, что на качество покрытия можно эффективно влиять путем изменения структуры сплава, например, путем термической обработки, поверхностного деформирования или их сочетания. При этом представляется принципиально возможным создание покрытия с заданной пористостью и волнистостью границы раздела «металл-покрытие» за счет изменения структуры одного и того же материала.

Приведенные далее результаты целенаправленного исследования подтвердили этот вывод и позволили разработать технологию упрочнения поверхности алюминиево-кремниевых сплавов, включающую предварительное формирование определенной структуры и последующее МДО.

На этом этапе работы были сделаны следующие выводы.

1. Режимы ТО алюминиевого сплава АК6М2 сильно влияют на качество покрытий, получаемых методом МДО. При этом изменяются толщина, твердость, пористость, однородность, адгезия и когезия. Более качественное покрытие образуется на более качественно подготовленной поверхности.

2. Основным механизмом влияния на качество МДО-покрытия при изменении режима ТО является изменение формы, размеров и распределения частиц кремния в структуре сплава.

3. По совокупности параметров, наилучшими свойствами из числа исследованных обладают образцы АК6М2 с МДО-покрытием после термообработки по режимам Т6 (4) и Т6 (8).

4. Износостойкость пары и, особенно, серийных колец со слоем гальванического хрома сильно зависит от шероховатости образцов с МДО-покрытием.