

УДК 621.45.038.7

ГРАФЕНСОДЕРЖАЩИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

А. Ч. СВИСТУН, Д. А. ЛИННИК, А. Е. ОВЧИННИКОВ

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь

При эксплуатации деталей машин и механизмов их технические характеристики (износостойкость, стойкость к коррозии, сопротивление усталости) зависят от структуры поверхностных слоев, которая формируется в соответствии с технологией получения изделий, химического состава и структуры применяемых материалов. Исходя из существующих научных данных, была обнаружена взаимосвязь между качеством поверхности и техническими характеристиками изделий, которые используются в машиностроении и других отраслях промышленности. В ходе исследований было установлено, что для достижения оптимальных показателей по качеству поверхностные слои изделий должны обладать высокой твердостью, мелкодисперсной структурой и иметь низкие значения шероховатости. Применение методов легирования и модификации поверхностных слоев для создания требуемых технических характеристик для деталей, которые эксплуатируются в тяжелых условиях эксплуатации при высоких ударных нагрузках и коррозионно-механическом износе, позволяет добиться формирования данных поверхностных слоев с требуемыми техническими характеристиками.

Применение методов электрофизического воздействия для модифицирования поверхностных слоев изделий является одним из наиболее эффективных способов увеличения эксплуатационного ресурса деталей машин и механизмов. К такому методу относится электроискровое легирование, которое было разработано в первой половине XX в. Наличие явления электрической эрозии и переноса материала анода на поверхность катода-детали при протекании импульсных (искровых) разрядов в газовой среде (воздухе, аргоне, азоте и др.) является основой для разработки ЭИЛ [1, 2]. Технология электроискрового легирования обладает следующими преимуществами: высокая адгезионная прочность нанесенного материала с субстратом; локальная обработка поверхности подложки, что позволяет проводить легирование в строго определенных местах латеральным размером от долей миллиметра и выше, не затрагивая при этом остальную поверхность изделия при обработке; отсутствие сильного разогрева детали в процессе формирования покрытия; возможность применения в качестве электродов материалов как сплавов, так и чистых металлов, составляющих сплав, тугоплавких соединений, металлокерамических композиций, и т. п.; диффузионное насыщение поверхностных слоев катода элементами анода без изменения геометрических параметров детали-катода; отсутствие необходимости в специальной обработке поверхности обрабатываемой детали. Технология электроискрового легирования с точки зрения осуществления процесса достаточно проста, а используемое оборудование имеет компактные

размеры и высокую производительность, что позволяет использовать его для модифицирования конструкций, имеющих небольшой геометрический размер, а также оборудование обладает высокой мобильностью [1, 3].

Существует несколько основных направлений, которые определяют использование технологии электроискрового легирования: повышение коррозионной стойкости, твердости, износостойкости и устойчивости к воздействию повышенных температур. Увеличение эксплуатационных характеристик электроискровых покрытий возможно путем введения в зону электроискрового разряда графенсодержащих наноразмерных частиц. Вследствие высокой твердости, тепло- и электропроводности данные наночастицы могут существенно изменять условия протекания электроискрового разряда, а также структуру формируемых ЭИЛ покрытий.

Целью работы является исследование влияния графенсодержащих наноразмерных частиц на физико-механические характеристики электроискровых покрытий. В качестве модифицируемого материала использовали алюминий А0, на котором формировалось углеродное покрытие, содержащее наноразмерные графеновые частицы. В зону контакта наночастицы вводились путем подачи через специальное засыпное устройство, позволяющее локально подавать порошок в зазор между электродом и обрабатываемой алюминиевой подложкой. Процесс электроискрового легирования проводили на технологической установке UR-121 в диапазоне значений энергии разряда от 0,3 до 10,0 Дж. Для оценки изменений физико-механических характеристик определяли значения микротвердости, шероховатости, изучали морфологию покрытий. Исходя из проведенных исследований, установлено возрастание значений микротвердости как для покрытий, содержащих графеновые наночастицы, так и без их содержания. Значения микротвердости поверхностных слоев алюминия возрастают после проведения электроискрового легирования в 1,5–2,0 раза в случае графитового электрода. Применение графеновых наночастиц при ЭИЛ алюминия позволяет увеличить значения микротвердости в 2,1–2,2 раза поверхностных слоев модифицируемого материала по отношению к базовому металлу.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект № T24МС-012).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Овчинников, Е. В.** Электроискровые покрытия: структура, свойства, технология формирования / Е. В. Овчинников. – Гродно, 2022. – 253 с.
2. Структурные особенности нанокпозиционных покрытий, получаемых методом электроискрового легирования / Е. В. Овчинников, В. В. Михайлов, Н. Н. Казак [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 1. – С. 93–100.
3. **Овчинников, Е. В.** Аддитивные сверхтвердые электроискровые покрытия / Е. В. Овчинников // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: сб. докл. 13 Междунар. симп.: в 2 ч. – Минск, 2023. – Ч. 1. – С. 255–260.