

ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ $Al-Y_2O_3$ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Шляров В.В., Осинцев К.А., Бутакова К.А., Загуляев Д.В., Романов Д.А.
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия, E-mail: shlyarov@mail.ru

Введение

Алюминий и сплавы на его основе обладают рядом уникальных свойств и заняли лидирующие позиции на производственном рынке цветных металлов. Развитие отдельных отраслей промышленности определяется качеством легких сплавов на основе алюминия. В настоящее время созданы конструкционные алюминиевые сплавы с уникальными свойствами, в том числе сверхлегкие сплавы, приближающиеся к удельной массе легких пластмасс, которые используются в авиации, атомной, ракетной и космической технике, а также электронике и электротехнике. Поэтому создание и изучение покрытий и сплавов на основе алюминия особенно актуально в настоящее время.

Известно, что сплавы алюминия с другими редкоземельными элементами обладают уникальными свойствами [1]. Формирование таких сплавов с использованием концентрированных потоков энергии в импульсном режиме с последующей самозакалкой позволяет формировать на поверхности металлической подложки сплавы с мелкозернистой структурой и новым уровнем свойств.

На сегодняшний день существует несколько методов нанесения покрытий, с помощью потоков частиц, обладающих высокой энергией. К ним относятся: напыление покрытий газопламенным методом [2], плазменно-дуговое напыление, детонационное напыление, электродуговая металлизация [3] и другие.

Коллективом кафедры естественнонаучных дисциплин им. проф. В.М. Финкеля нашего университета была разработана установка по формированию покрытий на металлическую подложку методом электровзрывного легирования (ЭВЛ) [4]. Принципом данной установки является воздействие на поверхность материала образца импульсной плазменной струей, сформированной из продуктов электрического взрыва фольги с наполнителем порошка [5].

Основная часть

В качестве материала подложки для исследований были использованы образцы сплава Al-Si (силумин). Образцы имели форму параллелепипеда, размером 20×20×10 мм. Предварительно, перед проведением серии испытаний, проводилась пробоподготовка. Образцы подвергались механической обработке, которая заключалась в шлифовке и полировке плоскости образца, и доведение поверхности до зеркального состояния. Затем было произведено химическое травление реагентом Келлера. Этот травитель дает возможность выявлять границы зерен и выделения во многих деформируемых сплавах. Время травления подбирали опытным путем. После травления образцы тщательно промывали проточной водой и высушивали.

В ходе работы был выбран режим, по которому проводилось нанесение покрытия системы $Al-Y_2O_3$ на подложку из силумина.

Подбор режима состоял в изменении значений напряжения и масс напыляемого порошка [6]. По результатам испытаний был выбран режим с оптимальными характеристиками получаемой обрабатываемой поверхности, в качестве которых выступали толщина и значения микротвердости получаемого слоя.

На данном этапе работы мы можем утверждать, что слой напыляемого порошка Y_2O_3 получается достаточно равномерным и однородным. Это подтверждается фотографиями, полученными на оптическом микроскопе OLYMPUS GX51. Одно из таких изображений представлено на рисунке 1. Толщина напыленного слоя на образцах с различными режимами электровзрывного легирования варьируется от 25 до 80 мкм. Полученный слой имеет многофазную структуру, а определение его фазового состава является темой дальнейших исследований.

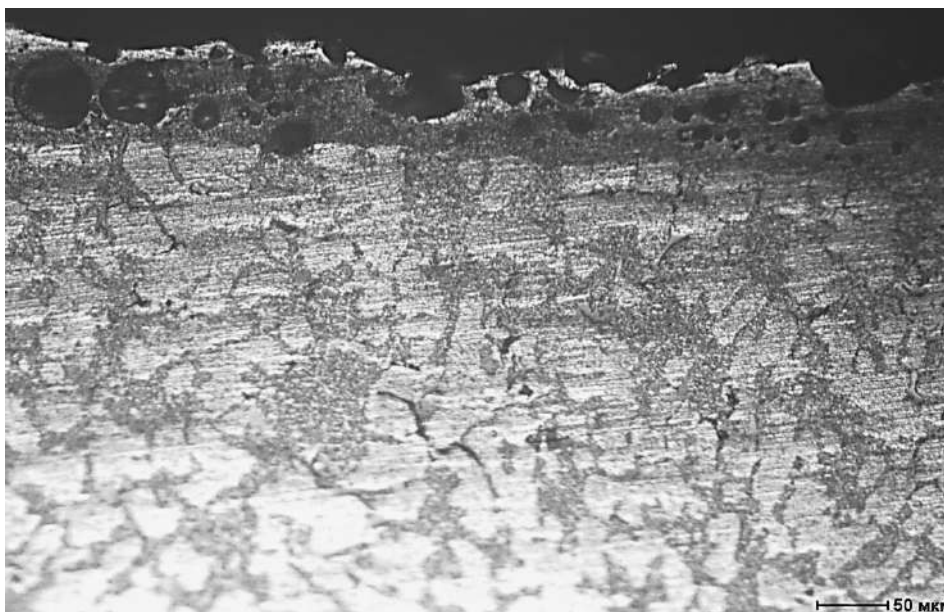


Рисунок 1 – Покрытие системы Al-Y₂O₃ полученное методом электровзрывного легирования (увеличение 20X)

На обработанных образцах были произведены измерения микротвердости на микротвердомере HVS-1000 в напыленном слое и в подложке на различных расстояниях от зоны термического влияния. Микроиндентирование проводилось на прямых шлифах. Пример проведения процедуры микроиндентирования представлен на рисунке 2.

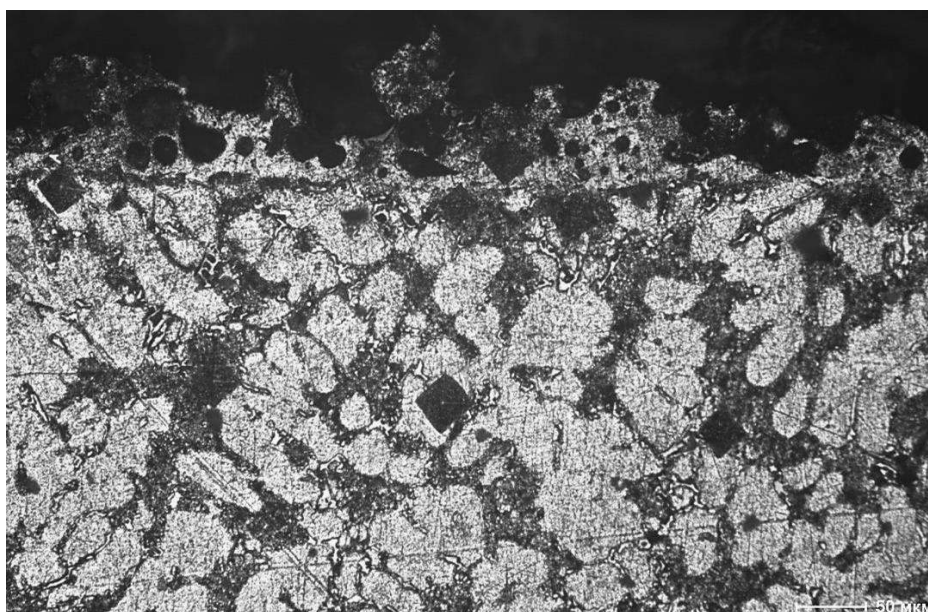


Рисунок 2 – Проведение микроиндентирования на образцах силумина после электровзрывного легирования

По результатам проведенного дюрOMETрического анализа были выявлены два режима, показавшие наибольшие значения микротвердости покрытия. Такими режимами стали:

1. Масса навески порошка Y₂O₃, m = 0,0589 г, напряжение, U = 2,8 кВ, значение микротвердости – 130,51±10,40 HV.

2. Масса навески порошка Y₂O₃, m = 0,0883 г, напряжение, U = 2,6 кВ, значение микротвердости – 161,2±17,94 HV.

Толщина напыленного слоя образца, обработанного в первом режиме, составила 50 мкм, а во втором – 80 мкм.

Заключение

В ходе работы были получены покрытия системы Al-Y₂O₃, путем электровзрывного легирования. Были выбраны оптимальные режимы обработки, при которых слой напыляемого порошка Y₂O₃, на подложку из силумина получается равномерным и однородным, что подтверждается изображениями, полученными с использованием оптической микроскопии. Значения микротвердости напыленного слоя при оптимальных режимах электровзрывного легирования составляют 130,51±10,40 HV и 161,2±17,94 HV. Для покрытий системы Al-Y₂O₃ структура является многофазной, индентирование микроэлектроннограмм для определения фазового состава является частью дальнейшей исследовательской работы. А также в дальнейшем планируется набрать более обширный круг статистических данных по измерению микротвердости исследуемого материала после электровзрывного легирования, проведение исследований механических свойств системы, а также проведение электронно-пучковой обработки на полученных при электровзрывном легировании образцах, с целью гомогенизации покрытия системы Al-Y₂O₃.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания № 3.1283.2017/ПЧ.

Список литературы:

1. Савицкий Е.М., Терехова В.Ф., Буров И.В. Сплавы редкоземельных металлов. – Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 268 с.
2. Вопнерук А.А., Валиев Р.М., Ведищев Ю.Г., Шак А.В., Купцов С.Г., Фоминых М.В., Мухинов Д.В., Иванов А.В. Абразивная износостойкость покрытий, нанесенных методом высокоскоростного газопламенного напыления // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. -2010. -Т. 12, № 1-2. -С. 317-320.
3. Драганюк М.Н. Повышение физико-механических свойств покрытий, нанесенных методом электродуговой металлизации // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. -2015. -Т. 1, № 11. -С. 60-62.
4. Sosnin K.V., Ivanov Yu.F., Gromov V.E. et al. Structure and Properties of Surface Layers obtained due to Titanium-Surface Alloying by Yttrium via Combined by Electron-Ion-Plasma Treatment // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. -2014. -Vol. 8, No. 6. - P.1286 -1290.
5. Физические основы электровзрывного легирования металлов и сплавов / А.Я. Багаутдинов, Е.А. Будовских, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2007. – 301 с.
6. Соснин К.В., Иванов Ю.Ф., Глезер А.М. и др. Комбинированное электронно-ионно-плазменное легирование поверхности титана иттрием: анализ структуры и свойств // Известия РАН. Серия физическая. -2014. -Т. 78, № 11. -С. 1454 -1458.