

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ И ЛАЗЕРНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

О.Г. ДЕВОЙНО, Ю.И. ФРОЛОВ, И.С. ФРОЛОВ, А.И. КОМАРОВ
*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Показано, что лазерное легирование оксидом циркония и оксидом хрома керамического покрытия Al_2O_3 , сформированного на алюминиевом сплаве В95 методом микродугового оксидирования (МДО-покрытия), позволяет получать в его поверхностном слое композиционную эвтектическую керамику. Установлено, что лазерная обработка при легировании оксидом циркония и оксидом хрома приводит также к росту доли корунда $\alpha-Al_2O_3$, что положительно сказывается на микротвердости покрытия.

Метод микродугового оксидирования позволяет сформировать покрытия, обладающие разнообразными функциональными свойствами, такие как коррозионностойкие, износостойкие, термостойкие, электроизоляционные, защитные и защитно-декоративные. Такая многофункциональность покрытий позволяет применять их в самых разнообразных отраслях промышленности.

К наиболее широко используемым для изготовления деталей пар трения керамическим материалам относятся алюмооксидная керамика (Al_2O_3) и керамика на основе диоксида циркония (ZrO_2) [1,2]. Наряду с имеющимся у этих материалов комплексом высоких физико-механических характеристик (твердость, износостойкость, химическая стабильность) им присущи некоторые недостатки. Так, алюмооксидная керамика характеризуется самой низкой трещиностойкостью среди производимых конструкционных керамик.

Преодоление отмеченных недостатков достигается получением композитной керамики, путем спекания Al_2O_3 с ZrO_2 , так и применением других керамических материалов, например, Cr_2O_3 . При сохранении высокой твердости полученной керамики удастся повысить трещиностойкость и износостойкость.

Значительно более высоких характеристик данной композитной керамики можно достичь путем ее переплава и быстрой кристаллизации [3]. В этом случае формируется эвтектическая керамика Al_2O_3 - ZrO_2 , Al_2O_3 - Cr_2O_3 , обладающая сочетанием высоких физических, тепловых и механических свойств, таких как высокие твердость, стойкость к окислению и сохранение прочности при повышенных температурах. Одним из эффективных методов получения данной керамики является лазерная обработка. Однако в литературе и других источниках информация по данным типам композиционной керамики, ее структуре, фазовому составу и физико-механическим свойствам представлена недостаточно.

В качестве основы для формирования покрытий использовался высокопрочный алюминиевый сплав В95. Микродуговое оксидирование прово-

дилось при напряжении 250-300 В, 50 Гц и плотности тока 60 А/дм². Продолжительность процесса составляла 90 мин. После этого осуществлялась обработка образцов лазерным излучением.

Структурно-фазовое состояние полученных покрытий изучалось методами рентгеноструктурного и металлографического анализов. Рентгеноструктурные исследования проводились на автоматизированном комплексе на базе дифрактометра ДРОН-3М в CuK_α -излучении. Морфология структурных составляющих образцов с керамическим покрытием (КП) изучалась на микроскопах МИМ-8, JX-200E. ДюрOMETрический анализ проводился на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор 0,20; 0,49 Н в зависимости от исследуемого участка.

На рисунке 1 представлены микроструктуры КП на сплаве В95, полученные в базовом (а) и модифицированном оксидом хрома Cr_2O_3 (б), оксиде циркония ZrO_2 (в) электролите.

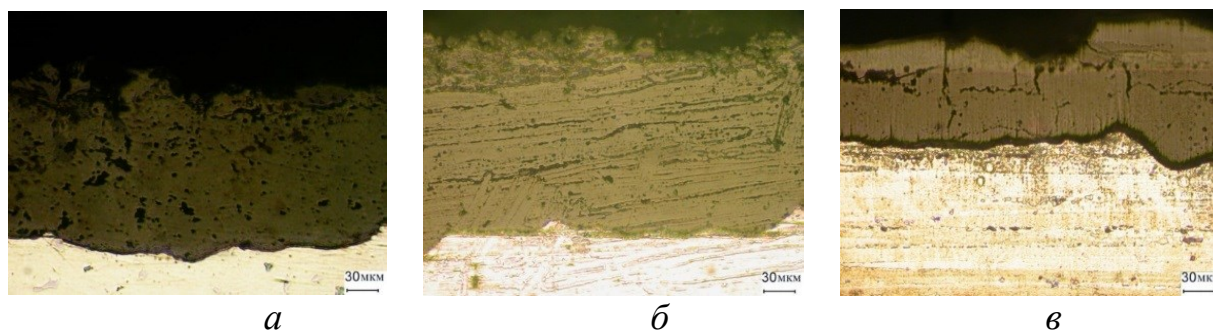


Рисунок 1 – Микроструктуры КП на сплаве В95, полученные в базовом (а) и модифицированном оксидом хрома Cr_2O_3 (б), оксидом циркония ZrO_2 (в) электролите

Анализ микроструктуры покрытий показал, что керамический слой сохраняет типичную для МДО-покрытий морфологию при низких значениях подводимой лазерной энергии. Увеличении подводимой энергии приводит к снижению устойчивости покрытий.

Как следует из анализа полученных металлографических результатов все покрытия обладают пониженной по сравнению с базовым КП пористостью, а также достаточно четкой границей раздела. Модифицирование наноразмерными добавками ZrO_2 и Cr_2O_3 оказывает существенное воздействие на структурообразование КП на сплаве В95. Последнее, прежде всего, проявляется в росте скорости образования покрытия, иными словами толщины δ , которая в случае базовых образцов составляет (рисунок 1) 145 мкм (а), а после нанодобавок возрастает до 215 (б), 200 (в), что превышает базовое значение в $\sim 1,2$ -1,5 раза.

Результаты рентгеноструктурного анализа образцов покрытий после лазерной обработки представлены на рисунке 2.

Согласно результатам рентгеноструктурного анализа, наномодифицирование приводит к включению в состав МДО-покрытия оксидов хрома и циркония. Кроме них очевидно наличие высокотемпературной $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и низкотемпературной $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ фаз оксидами алюминия.

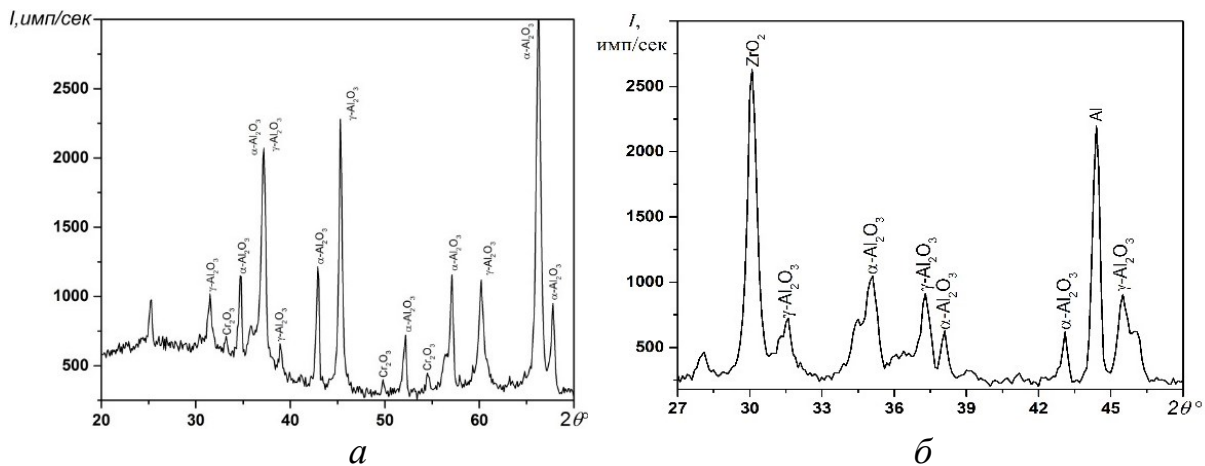


Рисунок 2 – Результаты рентгеноструктурного анализа образцов покрытий модифицированных оксидами хрома (а), циркония (б) после лазерной обработки

Результаты измерения микротвердости покрытий показали, что под воздействием лазерной обработки происходит повышение максимального уровня микротвердости покрытий (рисунок 5.2). Это указывает на интенсификацию процессов фазовых превращений $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ - $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, протекающих в присутствии нанодобавок под воздействием подводимой лазерной энергии. Так, максимальный уровень микротвердости обработанных покрытий составляет 20-23,5 ГПа. Наиболее выраженный рост H_c наблюдается в прилегающих к основе слоях и снижается до 8-12 ГПа по мере приближения к поверхности покрытий. По сравнению с необработанными образцами микротвердость после лазерной обработки возросла в $\sim 1,2$ раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девойно О.Г. Модифицирование поверхности покрытий с использованием лазерного нагрева / Девойно О.Г., Калиниченко А.С., Кардаполова М.А. – Мн.: БНТУ, 2013. – 230 с.
2. Гаршин А.П. Машиностроительная керамика / А.П. Гаршин, В.М. Гропянов, Г.П. Зайцев, С.С. Семенов. – СПб: Изд-во СпбТУ, 1997. – 726 с.
3. Болдин М.С. Композиционные керамики на основе оксида алюминия, полученные методом электроимпульсного плазменного спекания, для трибологических применений / М.С. Болдин, Н.В. Сахаров, С.В. Шотин и др. // Физика твердого тела. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 6 (1). – С. 32-37.