

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПРИ ОБРАБОТКЕ ИХ МОЩНЫМИ СДВОЕННЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В АТМОСФЕРЕ ВОЗДУХА

Для установления условий оптимального влияния дополнительного лазерного импульса на целенаправленное формирование состава поверхности проведены исследования при воздействии сдвоенными лазерными импульсами на плоские образцы алюминиевых сплавов методом лазерной искровой спектроскопии (лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектрометр LSS-1). Показано, что использование высокоинтенсивных сдвоенных лазерных импульсов позволяет очистить поверхность от легкоплавких элементов.

Широко используемые в промышленности дюралюминиевые сплавы обладают высокой механической прочностью, но низкой коррозионной стойкостью. Коррозионную стойкость дюралюминия повышают плакированием его чистым алюминием.

Практически с самого момента появления мощных импульсных лазеров они оказались в центре внимания исследователей как источник высокоэнергетического излучения, при взаимодействии которого с поверхностью вещества возможно локальное испарение и одновременный анализ состава образовавшихся паров. Лазерное излучение можно эффективно сфокусировать на любой точке поверхности твердого тела, что позволяет получать информацию о пространственном распределении элементов, а также проводить и модификацию поверхности за счет избирательного испарения той или иной компоненты сплава.

Так, например, при формировании интегральных микросхем в приборостроении необходимо создание электроизоляционных слоев на поверхности алюминиевых подложек, что может достигаться при анодировании и микродуговом оксидировании. Однако существующие технологии анодной, микродуговой и химической обработки поверхности конструкционных материалов используются в основном для обработки технически чистого алюминия. Эти технологии не обеспечивают требуемых функциональных свойств оксидных покрытий на ряде сплавов алюминия (АМц, Д16 и др.), содержащих легирующие компоненты и наиболее часто применяемых в современных технологиях [1].

В данной работе изучались процессы модификации поверхности алюминиевых сплавов, содержащих в своем составе легкоплавкие и легкоиспаряемые элементы (Na с концентрацией $9 \cdot 10^{-4} \%$) под воздействием мощных сдвоенных лазерных импульсов.

Многие вопросы, возникающие при создании оптимальных условий для проведения исследований эрозии и модификации поверхности сплавов и одновременного экспресс-анализа удаляемых и остающихся элементов с поверхности могут быть эффективно решены при использовании лазерного многоканального атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1. Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемой энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (до 80 мДж), так и временного интервала между сдвоенными импульсами (0-100 мкс) излучения. Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж, на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов ≈ 15 нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно 50 мкм.

В качестве примера на рисунке 1 приведены зависимости интенсивности линий натрия и алюминия (как стандарта) от числа импульсов при различной энергии импульсов излучения и содержании $\text{Na } 9 \cdot 10^{-4} \%$ в алюминиевом сплаве.

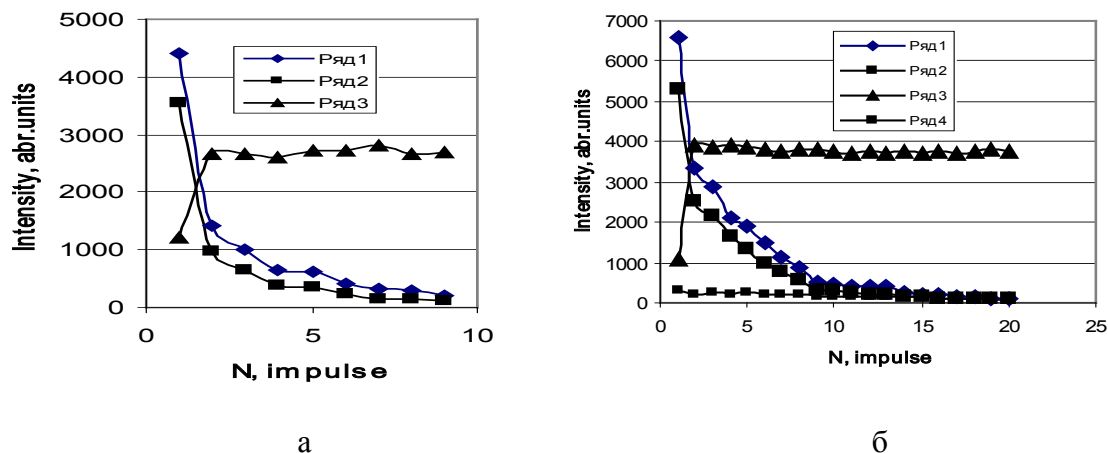


Рисунок 1. Зависимость интенсивности линий натрия $\text{Na I } (\lambda = 588,95 \text{ нм} - \text{ряд } 1)$, $\text{Na I } (\lambda = 589,59 \text{ нм} - \text{ряд } 2)$, $\text{Al III } (\lambda = 569,65 \text{ нм} - \text{ряд } 3)$ от номера импульса для временного интервала между импульсами 130-136 мкс и $\text{Na I } (\lambda = 588,95 \text{ нм} - \text{ряд } 4)$ интервал 130-130 мкс при энергиях импульсов: а – 48 мДж; б - 52 мДж.

Исследование процессов эрозии и модификации поверхности натрия содержащих алюминиевых сплавов показало, что обеднение поверхности натрием при воздействии сдвоенных лазерных импульсов весьма существенно. Природа подобных процессов связана как с отличием физических свойств элементов, входящих в сложный по микроструктуре и составу образец, так взаимным воздействием сдвоенных лазерных импульсов на поверхность. Дополнительными, а вероятно и одними из основных, механизмами повышения концентрации Na , Li и других легкоплавких компонент сплава в плазме и соответственно уменьшением его на поверхности могут быть ударные и тепловые волны, связанные с формированием пробоя в пылевой (металлической) атмосфере, которые будут воздействовать на поверхность образца в месте облучения, приводя к дополнительному нагреванию его при сжатии.

Следует отметить, что если воздействие сдвоенных лазерных импульсов позволяет уменьшить поверхностную концентрации легкоплавких элементов и повысить чистоту поверхностного слоя, то воздействие других мощных пучков в большинстве случаев действует в обратном направлении. Так при модификации поверхностных слоев сплава Д16 сильнооточным релятивистским пучком электронов микросекундной длительности с плотностью мощности 10^9 Вт/см^2 установлено существенное увеличение концентрации легкоплавких элементов (Na , Ca , Li и т.д) в поверхностном слое почти в четыре раза [2].

Список литературы

1. Чуфистов О.Е., Симцов В.В., Якушев Д.А.// Научная сессия МИФИ-2001. Сб. научных трудов. В 14 частях. Ч.9. М.: МИФИ. - 2001 – С. 40.
2. Уваров В.В., Клепиков В.Ф., Литвиенко В.В. и др. // Вопросы атомной науки и техники. - 2003 - №6 - С. 120.

Альдигауи Хайдар Али Раи, Проценко С.В., Зажогин А.П. Белорусский государственный университет, Минск, e-mail: zajogin_an@mail.ru.