

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СОДЕРЖАЩИХ ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИХ СДВОЕННЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ**

**Зажогин А.П., Чинь Н.Х., Патапович М.П., Саркисов Н.С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

*zajogin\_an@mail.ru*

**SPECTRAL STUDIES OF MODIFICATION PROCESSES THE SURFACE OF ALUMINUM ALLOYS CONTAINING ALKALINE METALS WHEN TREATED BY DOUBLE LASER PULSES**

By the method of laser atomic emission multichannel spectrometry, the process of modifying the surface of aluminum alloys containing sodium under the influence of high-power dual laser pulses is studied. It is shown that the parameters of the plasma chemical process and the removal of sodium from the surface of silumins can be controlled by changing both the density of the incident energy of the laser radiation and the delay time of the arrival of the second double laser pulse. It is established that the processes of interaction of radiation with the surface of the alloy significantly depend on the method of changing the incident power density of a single pulse. Thus, when the power density of the incident radiation changes with the pumping energy (radiation energy 20-80 mJ), the rate of sodium evaporation gradually increases, while when the focus spot changes, the frequency depending on the energy of the incident radiation is observed. It is found that when using the mode of dual laser pulses sodium evaporates from the surface almost completely in a few pulses. Most fully it evaporates from the surface at a time interval of 8  $\mu$ s. Possible reasons for the results are discussed.

Широко используемые в промышленности дюралюминиевые сплавы обладает 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, АК 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  $2 \cdot 10^{-4}$ %) 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  $\approx$  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 104 мм. Размер пятна при точной фокусировке 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 при содержании Na  $6 \cdot 10^{-4}$  % в алюминиевом сплаве, а на рис. 2 - от изменения плотности мощности при расфокусировке пучка.

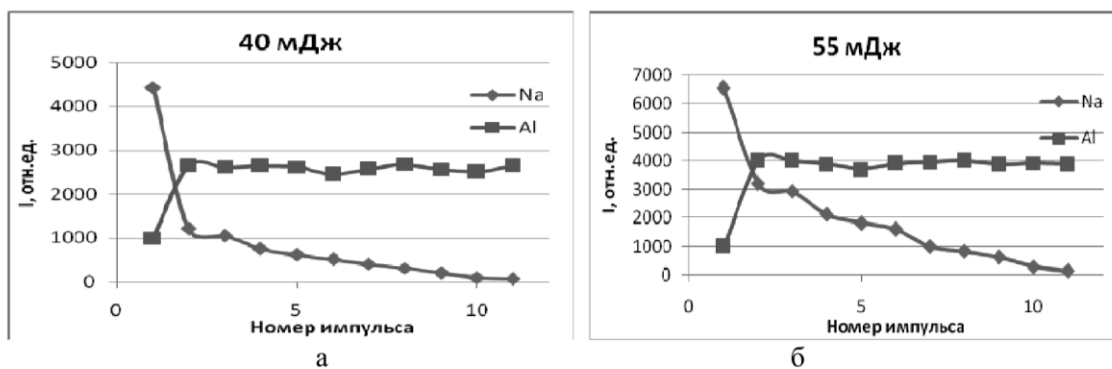


Рисунок 1. Зависимость интенсивности линий натрия Na I ( $\lambda = 589,59$  нм), Al III ( $\lambda = 569,65$  нм) от номера импульса для временного интервала между импульсами 8 мкс при энергиях импульсов 40 мДж (а) и 55 мДж (б).

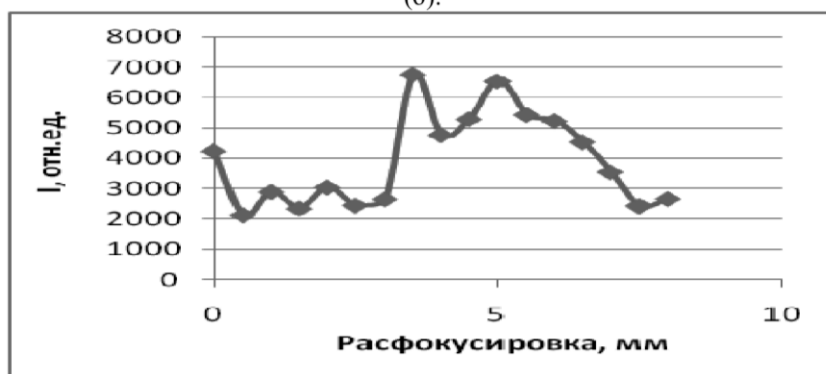


Рисунок 2. Зависимость интенсивности линии Na (589,59 нм) от величины расфокусировки лазерного пучка

В результате исследований установлено, что при изменении плотности мощности падающего излучения изменением энергии излучения от 20-80 мДж скорость испарения натрия постепенно возрастает, в то время как при изменении пятна фокусировки наблюдается периодичность, зависящая от энергии падающего излучения. При использовании режима сдвоенных лазерных импульсов (временная задержка между импульсами от 0 до 100 мкс) результирующая картина плазмообразования и формирования поверхности еще более усложняется.

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.

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 сильноточным релятивистским пучком электронов микросекундной длительности с плотностью мощности  $10^9$  Вт/см<sup>2</sup> 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.