

ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛОЙНОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СПЛАВА С ПОМОЩЬЮ СДВОЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

М.П. Патапович¹⁾, А.В. Щуко¹⁾, Н.Х. Чинь²⁾,
Т.В. Фурса¹⁾, В.К. Лукьянов¹⁾, Е.С. Коршак¹⁾

¹⁾Белорусская государственная академия связи,
ул. Ф. Скорины 8/2, Минск 220076, Беларусь,
mpetpat@mail.ru

²⁾Университет Винь, Винь, Вьетнам

При проведении послойного анализа многокомпонентных сплавов целесообразно применять схемы и методы двухимпульсного лазерного воздействия на поверхность образца, учитывая тот факт, что двухимпульсный характер метода обеспечивает более высокую плотность частиц в факеле и степень ионизации. Эксперименты проводились с помощью двухимпульсного лазерного атомно-эмиссионного многоканального спектрометра LSS-1. При проведении экспериментов энергия импульсов составляла 53 мДж, а межимпульсный интервал — 10 мкс. Исследованы процессы формирования определенного компонентного состава приповерхностной лазерной плазмы и изучено влияние параметра расфокусировки между сдвоенными лазерными импульсами при их воздействии на поверхность облучаемого образца. Чтобы более детально изучить особенности исследуемых материалов, необходимо оценить воздействие лазерных импульсов на поверхность материалов и степень ее деструкции. С целью отображения изменения изучаемых рабочих параметров имеет смысл дополнительно к основному оборудованию применять осциллограф, который можно использовать для наблюдения за амплитудными и временными параметрами электрического сигнала. Также имеется возможность их измерять и записывать, что актуально при последующих исследованиях и сравнениях.

Ключевые слова: сдвоенные лазерные импульсы; лазерная плазма; послойный анализ; атомно-эмиссионная многоканальная спектрометрия.

STUDY OF LAYER-BY-LAYER COMPOSITION OF A MULTICOMPONENT ALLOY USING DOUBLE LASER PULSES

M.P. Patapovich¹⁾, A.V. Shchuko¹⁾, N.H. Trinh²⁾,
T.V. Fursa¹⁾, V.K. Lukyanau¹⁾, Y.S. Korshak¹⁾

¹⁾Belarusian State Academy of Communications,
8/2 F. Skorina Str., 220076 Minsk, Belarus,
mpetpat@mail.ru

²⁾Vinh University, Vinh, Vietnam

The main structural material that can be used in technology is an alloy, which is a macroscopically homogeneous (metallic) structure, the composition of which includes two or more chemical elements. The study of the physical and chemical properties of various materials (one-, two- and multi-component alloys) is an important practical task that can be solved by using the method of laser spectral analysis. In particular, when conducting a layer-by-layer analysis of such objects, it is advisable to use schemes and methods of double-pulse laser action on the surface of the sample, taking into account the fact that the double-pulse nature of the method ensures a higher density of particles in the torch and the degree of ionization. The experiments were carried out using a laser dual-pulse laser atomic emission multichannel spectrometer LSS-1. During the experiments, the pulse energy was 53 mJ, and the interpulse interval was 10 μ s. The processes of formation of a certain component composition of near-surface laser plasma have been studied. In order to study the features of the studied materials in more detail, it is necessary to evaluate the effect of laser pulses on the surface of the materials and the degree of its destruction. In order to display the change in the studied operating parameters, it makes sense to use an oscilloscope in addition to the main equipment, which can be

used to monitor the amplitude and time parameters of the electrical signal. It is also possible to measure and record them, which is important for subsequent studies and comparisons. The use of the laser spectral analysis method allows for a qualitative and then quantitative study of the compositional features of various materials and their application for various practical purposes. It is possible to control and manage the plasma composition when a series of double pulses is applied to the surface of the sample.

Keywords: double laser pulses; laser plasma; layer-by-layer analysis; multichannel atomic emission spectrometry.

Введение

Основной конструкционный материал, который может применяться в технике, - это сплав, являющийся макроскопически однородной (металлической) структурой, в чей состав входят два или больше химических элемента. Компонентами сплава традиционно выступают:

- основа — один или несколько металлов;
- малые добавки — легирующие элементы, вводимые специально в материал;
- технические, природные либо случайные примеси.

Одним из металлов, часто входящих в состав многокомпонентного сплава, выступает медь, так как является металлом с универсальной сферой применения. Данный элемент ценится за устойчивость к отрицательным факторам внешней среды и имеет высокие антикоррозийные свойства. Также она обладает безупречной стойкостью, хорошей теплопроводностью, а также стабильностью к солнечному свету. Кроме того, можно отметить пластичность и гибкость данного металла, стабильность к перепадам температуры. Возможность повторной переработки является главной ценностью меди, причем после переплавки можно получить не менее качественную продукцию, чем была до этого [1].

Изучение физических и химических свойств различных материалов (одно-, двух- и многокомпонентных сплавов) представляет собой важную практическую задачу, которую можно решить, обратившись к методу лазерного спектрального анализа. В частности, при проведении послойного анализа такого рода объектов целесообразно применять схемы и методы двухимпульсного лазерного воздействия

на поверхность образца, учитывая тот факт, что двухимпульсный характер метода обеспечивает более высокую плотность частиц в факеле и степень ионизации.

Одной из особенностей физических процессов, связанных с образованием лазерной плазмы, выступает ее многофакторность. Следовательно, описать данные процессы достаточно просто оказывается проблематичным [1, 2].

Результаты эксперимента и обсуждение

Динамику и процесс абляции с целью последующего качественного и количественного анализа различного рода материалов возможно изучить при использовании лазерного атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1.

Данная установка позволяет регулировать энергию лазерных импульсов, временной интервал между ними, а также параметр расфокусировки. В частности, изменяя этот параметр при постоянной энергии импульса и его длительности, можно варьировать плотность потока излучения. Кроме того, одной из важных задач является также оптимальный выбор исследуемых спектральных линий. Следовательно, в ходе предварительных экспериментов были выбраны длины волн линий изучаемых химических элементов. Например, для меди они составили 510.992, 515.764 и 522.3 нм.

Чтобы более детально изучить особенности исследуемых материалов, необходимо оценить воздействие лазерных импульсов на поверхность материалов и степень ее деструкции. Кроме того, важно получить информацию об интенсивности спектральных линий элементов в зависи-

мости от номера воздействующего лазерного импульса.

С этой целью был проведен послойный анализ изучаемых многокомпонентных сплавов при различных параметрах рабочей установки. Оптимальными условиями для проведения анализа и получения эмиссионных спектров стали: энергия сдвоенных импульсов порядка 49 и 46 мДж, межимпульсный интервал равнялся 10 мкс. Число импульсов в серии составило 50, параметр расфокусировки равнялся 0 мм (сфокусированное излучение).

В качестве примера на рис. 1 представлен внешний вид поверхности исследуемого объекта после воздействия такой серии сдвоенных импульсов.



Рис. 1. Фотография исследуемого сплава

Также на рис. 2 предложен фрагмент полученного спектра при проведении послойного анализа: отображены интенсивности спектральных линий меди в последовательных пяти слоях.

Программное обеспечение LaesSpectrometer позволяет наглядно представить на одном изображении данные о различных исследуемых слоях материалов с помощью разных цветов, что отображено на рисунке.

Приведенные результаты констатируют

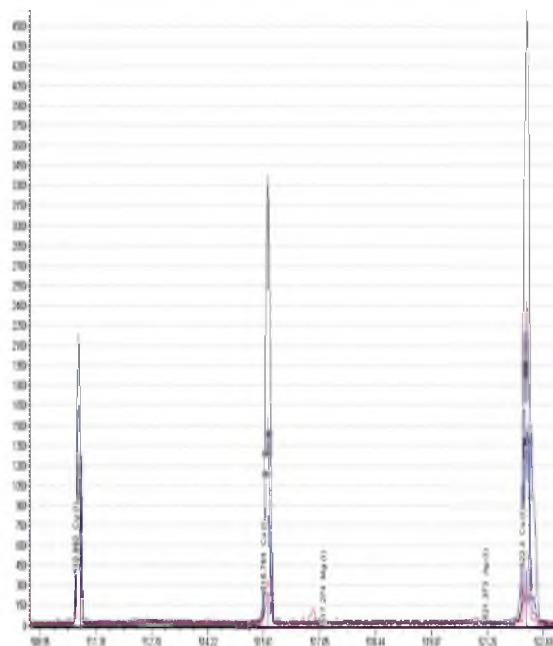


Рис. 2. Фрагмент спектра

различную интенсивность линий меди в последовательных слоях: красный цвет - первый импульс, черный - пятый. Соответственно, содержание данного элемента несколько неоднородно по всему объему образца.

Кроме того, представленный фрагмент спектра показывает малую интенсивность, а, следовательно, и малую концентрацию магния и серебра в данном объекте исследования.

Это может быть использовано в дальнейшем при изучении свойств данного сплава и возможности его применения для решения необходимой задачи.

С целью отображения изменения изучаемых рабочих параметров имеет смысл дополнительно к основному оборудованию применять осциллограф, который можно использовать для наблюдения за амплитудными и временными параметрами электрического сигнала.

Также имеется возможность их измерять и записывать, что актуально при последующих исследованиях и сравнениях. На рис. 3 в качестве примера приведен внешний вид осциллографа серии GA 1000 с отображенным на дисплее реальным сигналом.



Рис. 3. Фотография осциллографа с отображенным сигналом

Заключение

Таким образом, использование метода лазерного спектрального анализа позволяет качественно, а затем и количественно изучать особенности состава различных материалов и их применение для различных практических целей.

Библиографические ссылки

1. Bogaerts A., et al. Laser ablation for analytical sampling: what can we learn from modeling. *Spectrochimica Acta. Part B. Atomic Spectroscopy* 2003; 58(11): 1867-1893.
2. Suzuki A., Matsushita T., Aoki T., Okuda M. *Thin Solid Films* 2003; 445: 263-267.