

## МИКРОСТРУКТУРА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СПЛАВОВ Zn-Ni, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Н.Г. Валько, С.С. Ануфрик, А.Ю. Иванов, С.В. Васильев

Учреждение образования «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы»,  
ул. Ожешко, 22, Гродно, 230023, Беларусь, N.Valko@grsu.by

Представлены результаты экспериментального исследования влияния излучения, генерируемого рубиновым лазером, работающим в режиме свободной генерации (длительность импульса 1.2 мс, длина волны 0.69342) на структуру бинарных сплавов цинка, электролитически осажденных из сульфатных электролитов. Показано, что в сплавах после модификации лазерным излучением происходят изменения структуры. Обнаружены зависимости концентрации элементов в сплаве, морфологии поверхности от плотности потока лазерного излучения.

### Введение

Одним из приоритетных направлений научно-технического процесса является развитие и поиск новых технологий обработки металлов с целью получения материалов с уникальными свойствами. Экономически значимыми являются технологические процессы лазерной обработки материалов, в частности, пленок электролитически осажденных металлов и сплавов, поскольку воздействие лазерного излучения, кроме создания особо прочных с высокой износостойкостью и термически стабильных слоев, позволяет производить локальную обработку металлов без нарушения структуры и свойств остального объема покрытия.

Целью работы являлось исследование влияния воздействия лазерного излучения средней интенсивности на формирование структурно-фазового состояния гальванических покрытий подложек сплавом цинка Zn-Ni.

### Методика эксперимента

Сплавы осаждались на шлифованные подложки из низкоуглеродистой стали 08кп в течение 1 ч из сульфатных электролитов с предварительным реверсом тока. Покрытия осаждались при плотности тока  $1 \text{ A/дм}^2$ .

В качестве источника воздействующего на образец лазерного излучения (ЛИ) использовался рубиновый лазер ГОР-100М, работающий в режиме свободной генерации (длительность импульса 1.2 мс, длина волны 0.69342).

Излучение лазера, пройдя фокусирующую систему, направлялось на исследуемый образец. Пятно фокусировки имело диаметр 2 см. С целью исследования воздействия на один и тот же образец ЛИ с различными параметрами распределение плотности потока излучения по пятну фокусировки ЛИ было сформировано неоднородным (рис. 1). В зоне 1 плотность потока составила  $10^5 \text{ Вт/см}^2$ , в зоне 2 –  $5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$ , в зоне 3 –  $10^4 \text{ Вт/см}^2$  [1].

Морфология поверхности и элементный состав покрытий сплавами цинка, модифицированные лазерным излучением, были исследованы методом растровой электронной микроскопии в трех зонах, в соответствии со схемой распределения интенсивности лазерного излучения по пятну фокусировки, показанной на рисунке 1.

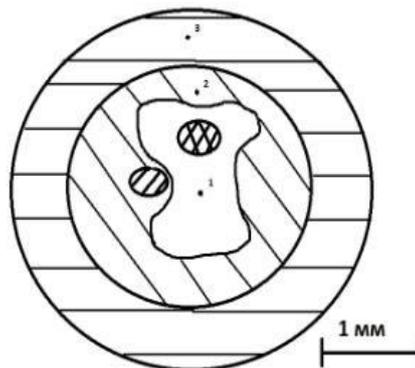


Рис. 1. Распределение плотности потока лазерным излучением.

### Основная часть

Исследования морфологии поверхности сплавов Zn-Ni показали на передней стороне мишени кратеры, образованные при лазерной обработке. В сравнении с контрольными не облученными образцами микроструктура покрытий в зоне лазерного воздействия более мелкозернистая (рис. 2, 3), с размерами зерен порядка от 50 нм до нескольких мкм.

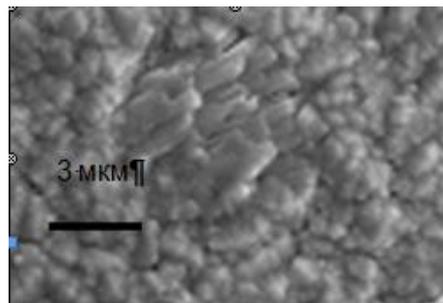


Рис. 2. Морфология поверхности контрольных покрытий Zn-Ni

На рис. 3 видно, что поверхность образцов, обработанная лазерным излучением, отличается возмущенностью по зонам (рис. 2, 3).

Обнаружено, что в центре кратера (зона 1) кристаллическое зерно покрытий существенно меньше, чем у покрытий, не подвергавшихся лазерному облучению.

На рис.3 видно присутствие кристаллических образований, похожих на усы в зоне 1, свидетельствующих о начале локальных процессов плазмообразования, происходящих при лазерной

обработке, В зонах 2 и 3 подобных кристаллических образований не обнаружено.

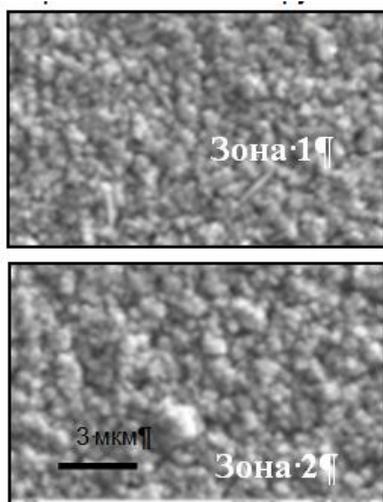


Рис. 3. Морфология поверхности покрытий Zn-Ni, модифицированных лазерным излучением в зонах 1 и 2.

При исследовании элементного состава покрытий, обработанных ЛИ были обнаружены закономерности изменения концентрации элементов от плотности потока лазерного излучения.

Результаты исследования элементного состава сплавов Zn-Ni приведены в таблице 1.

Таблица 1. Элементный состав покрытий, ат. %

Э л е м е н т	Zn-Ni			
	К.о.	Облученные лазерным излучением		
		Зона 1	Зона 2	Зона 3
Fe, ат. %	-	1.3	0.7	0.5
Zn, ат. %	88	87.7	91.2	92.0
Ni, ат. %	3	2.0	1.8	1.6
O, ат. %	9	9.0	6.3	6.9

Анализ таблицы показывает неоднородное распределение элементов сплава в области лазерного воздействия. В частности, концентрация железа в покрытии возрастает в направлении от края зоны обработки покрытия лазерным излучением (зона 3) к центральной зоне кратера (зона 1).

Увеличение железа от зоны 3 к зоне 1 может быть связано с малой толщиной покрытия, а также с тем, что под действием лазерного излучения происходит нагрев покрытия, приводящий к диффузии железа из подложки в покрытие [2-3]. Аналогичная картина наблюдается для никеля: концентрация никеля несколько больше в центре кратера, нежели на краю облучаемой площади, что возможно связано с уменьшением концентрации цинка в покрытии вследствие его высокой летучести.

### Заключение

Результаты исследования микроструктуры сплавов цинка Zn-Ni, осажденных из сульфатных электролитов, позволяют заключить, что обработка поверхности лазерным излучением приводит к формированию более однородной мелкодисперсной структуры с размерами зерен порядка от 50 нм до нескольких мкм для всех исследуемых покрытий.

При облучении лазерным излучением поверхности сплавов цинка, обнаружены зависимости концентрации элементов в сплаве, морфологии поверхности от плотности потока лазерного излучения

### Список литературы

1. Васильев С.В., Иванов А.Ю // Инженерно-физический журнал. 2007. Т. 80. № 5. С. 12-18.
2. Лукомский, Ю.А., Гамбург-Долгопрудный Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Издательский Дом «Интеллект», 2008. 424 с.
3. Точицкий Т.А., Федосюк В.М. Электролитически осажденные наноструктуры. Мн.: Изд. центр БГУ, 2002. 352 с.

## THE MICROSTRUCTURE OF COATINGS Zn-Ni, MODIFIED BY LASER RADIATION

N. Valko, S. Anufric, A. Ivanov, S. Vasiljev

Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, Grodno, 230023, 22 Ozheshko str., N.Valko@grsu.by

The results of experimental studies of the effect of laser radiation generated by a ruby laser operating in the free-running mode (1.2 ms pulse duration, wavelength 0.69342) on the structure of the coatings Zn-Ni are presented. It is shown that the structure and phase composition of the alloys after modification by the laser radiation changes. It is found the dependence of the concentration of elements and the surface morphology from the laser radiation flux density.