

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

### **INTERNATIONAL WORKSHOP**

**«Multiscale Biomechanics and Tribology  
of Inorganic and Organic Systems»**

### **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

**«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»**

Томск  
Издательский Дом ТГУ  
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/171

**ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СИЛУМИНА АК10М2Н**

Шляров В.В., Загуляев Д.В., Рубанникова Ю.А., Громов В.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк*

Модификация структуры, механических и физических свойств конструкционных материалов является основной задачей современной промышленности. Воздействие концентрированными потоками энергии (КПЭ) на поверхность конструкционных материалов для улучшения механических и физических характеристик является перспективным направлением современных исследований [1 – 3]. Используя методы КПЭ можно добиться кратного повышения механических свойств материалов. Однако при современных темпах роста производства машин и механизмов этого оказалось не достаточно, поэтому появляются способы энергетического воздействия, включающие в себя два и более метода поверхностной или объемной обработки материалов. Примером подобных технологий можно привести плазменное напыление коррозионностойких покрытий с дальнейшей лазерной обработкой [4] или электронно-лучевой переплав износостойких покрытий, нанесенных методом высокоскоростного напыления [5].

Целью данной работы является исследование структуры и микротвердости силумина марки АК10М2Н, подвергнутого комплексной обработке электровзрывным легирование с последующей электронно-пучковой обработкой.

Методами современного физического материаловедения выполнен анализ изменения структуры и механических свойств доэвтектического силумина марки АК10М2Н после комплексной обработки. Образцы имели форму параллелепипеда со сторонами 20×20×10 мм. В качестве материала покрытия, использовали порошок оксида иттрия  $Y_2O_3$ .

Образцы силумина подвергались комплексной обработке. Первый этап: нанесение композиционного покрытия системы  $Al - Y_2O_3$  методом электровзрывного легирования (ЭВЛ) на установке ЭВУ 60/10. Масса алюминиевой фольги, на которую помещался порошок  $Y_2O_3$ , не изменялась во всей серии испытаний и составляла 0,0589 г. На втором этапе на получившееся покрытие воздействовали интенсивным импульсным электронным пучком с параметрами: энергия ускоренных электронов 17 кэВ, плотность энергии пучка электронов 25 Дж/см<sup>2</sup> и 35 Дж/см<sup>2</sup>, длительность импульса пучка электронов 150 мкс, количество импульсов 3. Модификацию поверхности производили с помощью установки «СОЛО». Режимы комплексной обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Режимы комплексной обработки.

№ режима	Масса порошка $Y_2O_3$ , г	Напряжение разряда, кВ	Плотность энергии пучка электронов, Дж/см <sup>2</sup>	Энергия ускоренных электронов, кэВ	Длительность импульса пучка электронов, мкс	Количество импульсов
1	0,0589	2,8	25	17	150	3
2	0,0883	2,6				
3	0,0589	2,8	35			
4	0,0883	2,6				

Исследования структуры, а также анализ фазового состава модифицированного слоя осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии (микроанализатор EDAX ECON IV, являющийся приставкой к электронному сканирующему микроскопу SEM-515 «Philips»). Приведенные в данной работе фотографии выполнены во вторичных электронах, в режиме, наиболее близком к оптическому изображению.

Для оценки прочности материала оперировали понятием микротвердости. Измерения микротвердости проводили по методу Виккерса, в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76, нагрузка на индентор составляла 50 мН (микротвердомер HVS – 1000).

#### Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Структуру и фазовый состав модифицированного слоя изучали путем исследования поперечных шлифов. Анализируя результаты, представленные на рис. 1, можно отметить, что толщина модифицированного слоя изменяется в пределах от 50 мкм до 70 мкм.

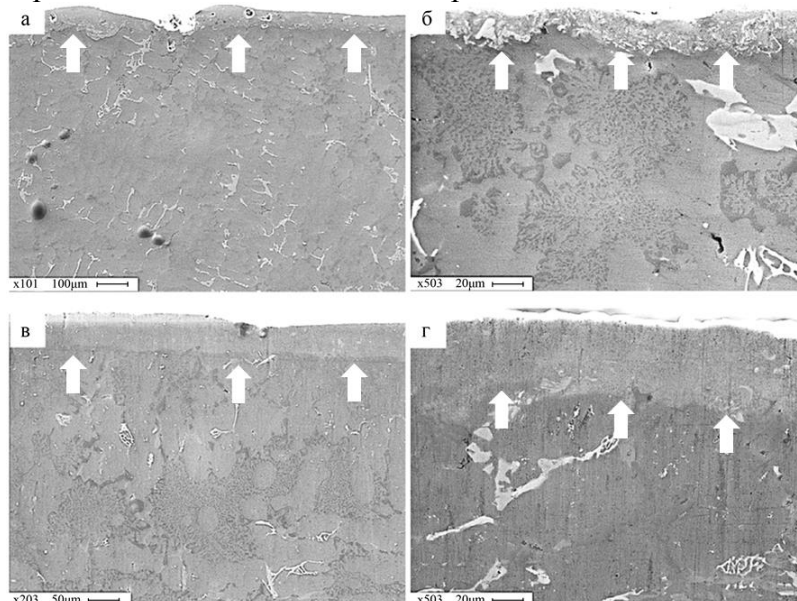


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение структуры поперечного шлифа силумина марки АК10М2Н, подвергнутого комплексной обработке по режиму №1 (а), режиму №2 (б), режиму №3 (в) режиму №4 (г). Белые стрелки указывают на покрытие, в котором исследовался фазовый состав.

Результаты рентгенофазового анализа, показывают, что комплексная обработка приводит к формированию модифицированного слоя (рис.1), основной фазой которого является твердый раствор на основе алюминия, в гораздо меньшем количестве присутствуют фазы  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{YAl}_3$  и  $\text{Y}_2\text{O}_3$ .

В исходном (литом) состоянии микротвердость твердого раствора на основе составляла 90,2 HV, а твердость эвтектики 104,3 HV. Модифицирование поверхности комплексным методом приводит к кратному увеличению микротвердости материала на величину, зависящую от параметров воздействия. Результаты измерения микротвердости показывают, что микротвёрдость поверхностных слоев доэвтектического силумина АК10М2Н увеличивается в 5 – 6 раз, максимум достигается при режиме обработки №4 и составляет 513,36 HV.

*Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания № 3.1283.2017/4.6.*

1. Froend M., Ventzke V., Riekehr S., Kashaev N., Klusemann B., Enz J. Microstructure and hardness evolution of laser metal deposited AA5087 wall-structures // *Procedia CIRP*. 2018. V. 74. P. 131–135.
2. Yu P., Yan M., Tomus D., Brice C.A., Bettles C.J., Muddle B., Qian M. Microstructural development of electron beam processed Al-3Ti-1Sc alloy under different electron beam scanning speeds // *Materials Characterization*. 2018. V. 143. P. 43-49.
3. Romanov D.A., Gromov V.E., Glezer A.M., Panin S.V., Semin A.P. Structure of electro-explosion resistant coatings consisting of immiscible components // *Materials Letters*. 2017. V. 188. P. 25–28.
4. Raheleh A., Reza S., Razavi R., Hossein J. Improving the hot corrosion resistance of plasma sprayed ceria–yttria stabilized zirconia thermal barrier coatings by laser surface treatment // *Materials & Design*. 2014. V. 57. P. 336–341.
5. Utu I.D., Marginean G. Effect of electron beam remelting on the characteristics of HVOF sprayed  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2$  coatings deposited on titanium substrate // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2017. V. 526. P. 70–75.